



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

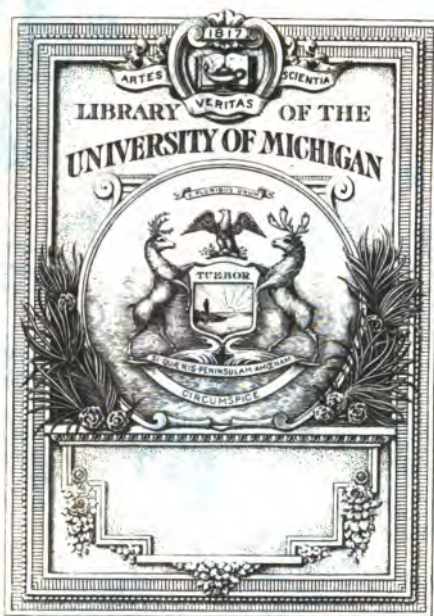
Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

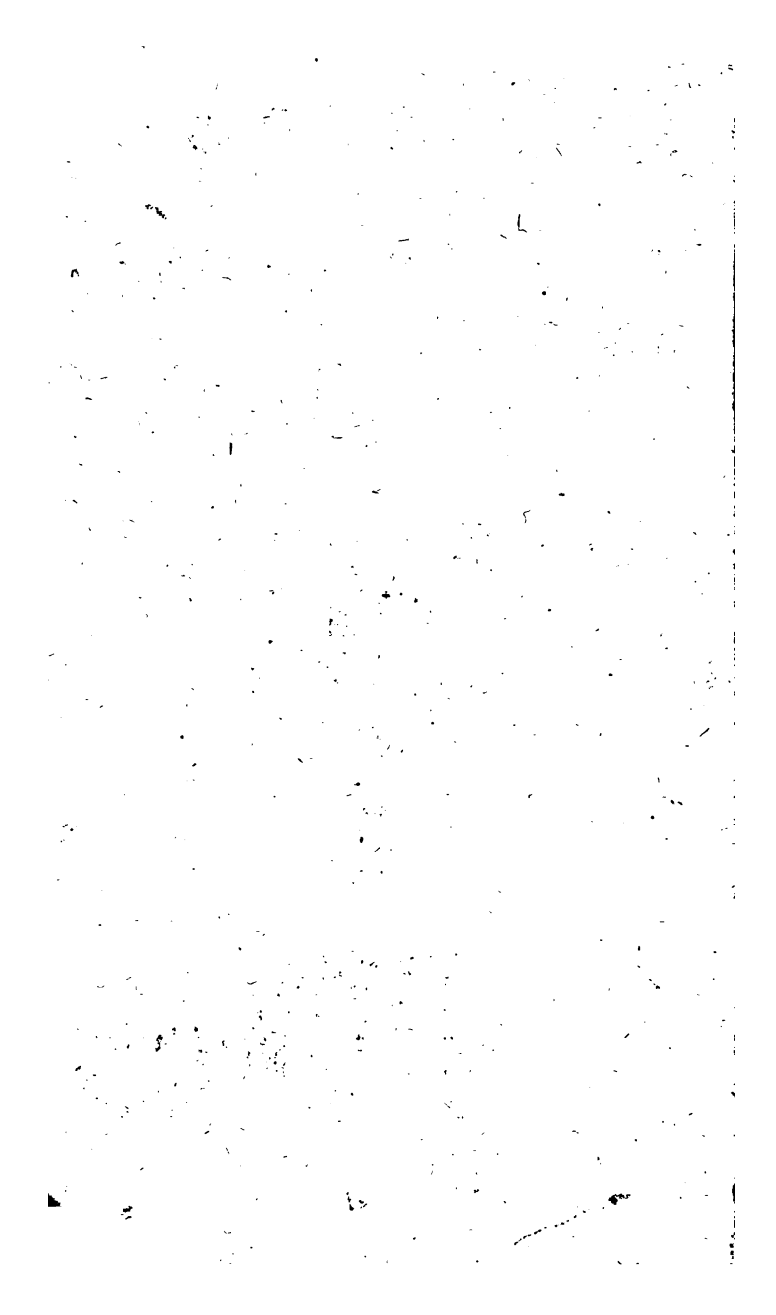
À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



RECEIVED IN EXCHANGE
FROM
Prof. L. C. Karpinski





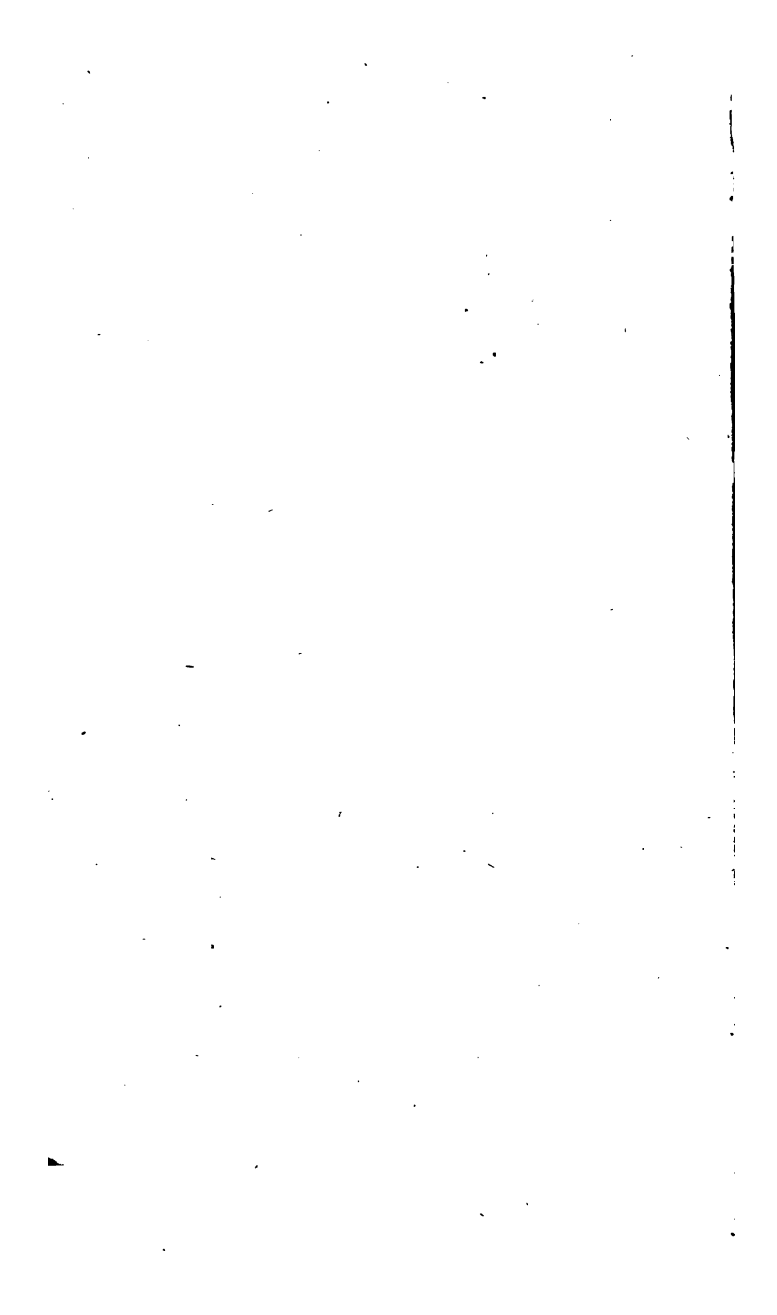
QC

19

.N'78

1771

24.4







LEÇONS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE;

*Par M. l'Abbé NOLLET, de l'Académie Royale
des Sciences, de la Société Royale de Londres,
de l'Institut de Bologne, &c. Maître de Physique
& d'Histoire Naturelle des Enfants de France, &
Professeur Royal de Physique Expérimentale au
Collège de Navarre.*

TOME QUATRIÈME
SEPTIÈME ÉDITION.



A PARIS,

Du fonds de H. L. GUERIN & L. F. DELATOUR,

Chez D U R A N D, Neveu, Libraire, rue
Galande, à la Sagesse.

M. DCC. LXXXIV.

Avec Approbation, & Privilege du Roi.



AVIS AU RELIEUR.

Les planches doivent être placées de manière qu'en s'ouvrant, elles puissent sortir entièrement du Livre, & se voir à droite, dans l'ordre qui suit.

TOME QUATRIÈME.

	Pages.	Planches.
XII. LEÇON.	76.....	1.
	100.....	2.
XIII. LEÇON.	226.....	1.
	266.....	2.
	318.....	3.
	324.....	4.
XIV. LEÇON.	356.....	1.
	370.....	2.
	408.....	3.
	436.....	4.
	474.....	5.
	496.....	6.
	498.....	7.
	528.....	8.

EXTRAIT DES REGISTRES
de l'Académie Royale des Sciences.

Du 9 Août 1748.

M. DE REAUMUR & moi, qui avons
été nommés pour examiner le *quatrième Vo-*
lume des Leçons de Physique expérimentale de
M. l'Abbé NOLLET, en ayant fait notre rap-
port, l'Académie a jugé cet Ouvrage digne
de l'impression : en foi de quoi j'ai signé le
présent Certificat. A Paris, ce 9 Août 1748.

GRANDJEAN DE FOUCHY,

Secrétaire perpétuel de l'Académie Royale
des Sciences.

LEÇONS



LEÇONS DE PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE.



XII. LEÇON.

*De la nature & des Propriétés
de l'Eau.*

IL seroit difficile de décider, si l'eau nous est moins nécessaire ou moins utile que l'air. Car quoique nous respirions continuellement celui-ci, & que la conservation de notre vie dépende de la salubrité de cet élément, on peut croire que s'il étoit réduit à ses parties propres, & qu'il manquât d'une certaine humidité qui l'accom-

Tome IV.

A

===== XII.
LEÇON.

2 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. **LEÇON.** **LEÇON.** paigne toujours, nous souffririons beaucoup de cette sécheresse : l'air sans eau conviendrait peut-être aussi peu à notre respiration, que l'eau sans air à celle des poissons. L'eau est un agent universel que la nature emploie dans toutes ses productions, & qui entre si souvent & de tant de manières, dans les commodités de notre vie, que son interdiction étoit chez les Romains un supplice, dont on punissoit les mauvais citoyens. C'est la boisson naturelle de tous les animaux: si nous nous en préparons d'autres, ou celle-ci en fait la partie principale, ou elle y entre pour les tempérer; & quoiqu'on puisse vivre fort long-tems & sainement, en usant avec modération des liqueurs spiritueuses & fermentées, l'expérience fait voir que les buveurs d'eau jouissent communément d'une santé plus égale & qu'ils sont au moins aussi robustes que les autres hommes.

Je ne me propose point d'exposer ici en détail tous les avantages que l'eau nous procure, & les différentes vues que peut avoir eues la sagesse divine en créant cet élément. Ces ob-

EXPÉRIMENTALE. 3

jets ont été remplis par des Auteurs * dont les ouvrages sont célèbres, & qu'on peut aisément se procurer; mon dessein est d'examiner, en Physicien seulement, les principaux caractères de l'eau, les sources d'où elle nous vient, les différents états qu'elle peut prendre, & les effets les plus généraux dont elle est capable.

On peut considérer l'eau sous trois états, 1^{ment.} comme *liqueur*; 2^{ment.} comme *vapeur*; 3^{ment.} comme *glace*: ce sont trois manières d'être, qui ne changent rien à son essence, mais qui la rendent propre à différents effets, & qui me donnent lieu de partager cette Leçon en trois Sections.

XII.

LEÇON.

* Nieuwen-
syte, exist. de
Dieu, dé-
montrée par
les merv. de
la nat. II.
part. chap. 4.

Théolog. de
l'eau par M.
Fabricius.

Traité des
vertus méli-
cin. de l'eau
comm. p.
Mons. Smick
&c.

PREMIERE SECTION.

*De l'Eau considérée dans l'état
de Liqueur.*

A parler exactement, l'état naturel de l'eau, celui qu'elle auroit, si rien ne se mêloit à sa matière propre, seroit d'être un corps solide, comme l'ont fort bien remarqué MM.

A ij

4 LEÇONS DE PHYSIQUE

————— Mariotte, de Mairan & Boerhaave.

XII. Oui, l'eau comme la graisse, la cire, & toutes les autres matieres
LEÇON. que nous ne voyons couler que quand on les chauffe à un certain degré, seroit continuellement glace, si la matiere du feu qui la pénétre pour l'ordinaire en suffisante quantité dans les climats tempérés, n'entretenoit la mobilité respective de ses parties, pour la rendre fluide; & dans un pays où il fait continuellement assez froid pour faire durer sa congélation, il faut employer le secours de l'art, pour la faire couler, comme nous l'employons ici pour fondre le plomb, le soufre, les résines, &c. Mais si l'état de solidité semble le plus naturel à l'eau, ce n'est pas celui qu'elle a le plus communément, au moins dans la plupart des climats habités; & par cette raison, je commence par la considérer comme liqueur, avant que d'exposer les propriétés qu'elle a lorsqu'elle est glacée.

L'eau, qui n'est point glacée, est une liqueur insipide, transparente, sans couleur, sans odeur, qui s'attache aisément à la surface de certains

corps, qui en pénètre un grand nombre, & qui éteint les matieres enflammées. Si elle paroît quelquefois opaque, colorée, odorante, ou qu'elle ait un goût remarquable, c'est qu'alors elle est mêlée avec une matiere étrangere, qui lui donne une qualité qu'elle n'a point d'elle-même.

La fluidité de l'eau, comme celle des autres liquides, vient de la matiere du feu qui la pénètre, & qui met ses parties en état de rouler les unes sur les autres, & d'obéir au penchant de leur propre poids, ou à toute autre impulsion : mais indépendamment de cette cause générale, on peut dire que l'eau est plus fluide que bien d'autres matieres, parce que ses molécules sont d'une extrême petitesse, & d'une figure apparemment très-propre au mouvement : je n'ai garde de décider si ce sont des petits fuseaux, des petits cylindres, ou des globules, parce que je ne connois aucune observation, ni aucune expérience, qui puisse garantir cette décision ; mais une analogie assez générale me conduit à croire que leur figure, telle qu'elle puisse être, contribue à leur mobilité ;

A iij

6 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. **LEÇON.** une mesure de menus grains , ou de sable bien sec , qu'on fait couler par une trémie , peut être regardée en quelque façon comme un fluide : en pareil cas le bled coule mieux que l'avoine , parce qu'il a une figure plus propre au mouvement ; le sablon a plus de fluidité que le bled ou le seigle , parce que ses parties plus menues sont aussi plus mobiles.

* *Elem- Chem, part. II. p. 295.* Boerhaave prétend * que la fluidité de l'eau n'est point susceptible de plus & de moins ; qu'elle est également liquide , soit au moment qu'elle cesse d'être glace , soit qu'elle commence à bouillir ; il appuie son sentiment sur une expérience de M. New-

* *Traité d'Opt. quest. 28.* ton * , qui trouva les oscillations d'une pendule aussi libres dans l'eau la plus froide , qu'elles avoient paru l'être dans l'eau la plus chaude. Soit dit sans blesser le respect que je dois à ces grands-hommes , je ne fais si cette preuve ne seroit pas un peu sujette à révision. La masse qui faisoit ces oscillations , de quelque matiere qu'elle fût , a dû se dilater & devenir plus grande dans l'eau chaude que dans la froide : or plus un corps est grand ,

plus il éprouve de résistance dans un milieu : ainsi l'eau chaude, à la vérité, plus fluide, auroit dû rendre le mouvement plus libre : mais le mobile dilaté par la chaleur répondoit à un plus grand volume du milieu résistant ; cette dernière cause a pu compenser l'autre, & empêcher qu'on n'aperçût plus de fluidité dans l'eau chaude, quoiqu'elle y fut réellement.

Il est vrai que Boerhaave se retranche à dire, qu'il n'entend parler que d'une fluidité sensiblement égale & constante, & qu'il peut y avoir un plus ou un moins que nous n'apercevons pas ; mais ce plus ou moins, dont il convient, il l'attribue tout entier à la désunion des molécules, par la matière du feu qui se glisse entr'elles, mais nullement à la division des parties de ces mêmes petites masses ; car il les regarde comme des élémens qui peuvent être séparés les uns des autres, mais non pas entamés. Cependant toutes les autres matières que nous voyons passer d'un état à l'autre, & qui nous laissent le tems d'observer leurs changemens, ne s'amolliissent que par degrés, & prennent successi-

A iv.

XII.
LEÇON.

8 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.
LEÇON.

vement différentes nuances de fluidité; les molécules se divisent & se subdivisent à mesure que le feu pénètre dans la masse, & la liquidité augmente de plus en plus, jusqu'à ce que les parties extrêmement subtilisées, se dissipent par évaporation. Je ne dis pas que l'eau ne puisse être exceptée de cette règle générale; mais je voudrois que cette exception fût connue par des faits, & appuyée sur de bonnes preuves.

Je ne vois rien dans la nature qui favorise cette opinion; je trouve au contraire des phénomènes familiers, & en grand nombre, qui semblent la détruire. Pourquoi l'eau froide ne pénètre-t-elle pas dans les corps aussi facilement que celle qui est chaude? Pourquoi celle-ci enlève-t-elle plus promptement de leur surface les matières qui y sont adhérentes? Pourquoi la solution des sels dans l'eau est-elle plus abondante & plus complète, à mesure que le degré de chaleur est plus grand? Enfin pourquoi fait-on cuire les viandes & les fruits dans l'eau bouillante, & non pas dans l'eau froide? On peut me répondre que

toutes ces matieres dilatées par la chaleur, en deviennent plus pénétra-
bles, plus faciles à entamer, & que
l'eau elle-même animée par la cha-
leur, en est plus active, & je conviens
de ces raisons ; mais n'est-il pas plus
que vraisemblable aussi, que la même
chaleur subdivise les molécules de
l'eau, & les rend plus propres à s'in-
sinuer dans les matieres dissolubles?

L'eau nous vient, ou de l'atmosphère par les pluies, les neiges, & autres météores aqueux ; ou du sein de la terres, par les sources & les fontaines ; ou enfin par des canaux & des réservoirs qui se trouvent à la surface de notre globe, comme des rivières, des lacs & des mers.

Nous avons vu dans la Leçon précédente comment l'eau s'élève en vapeurs, & s'amasse dans l'air au-dessus de nous, pour tomber ensuite sous différentes formes. Moyse, en nous traçant l'histoire de la Création, nous apprend que dès le commencement l'Auteur de ce vaste univers sépara de la terre habitable ce grand amas d'eau qu'on appelle la *Mer* ; & qu'il en fixa les limites. Nous voyons naître les

10 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. **LEÇON.** rivières & les fleuves d'une, & le plus souvent, de plusieurs sources qui réunissent leurs eaux, pour couler dans un même lit. Mais d'où viennent ces sources perpétuelles, qui forment & qui grossissent les eaux courantes, & que nous rencontrons dans presque tous les endroits où nous creusons la terre? Quelle cause secrète les fait naître, & les entretient? C'est une question sur laquelle les Physiciens ne sont point d'accord, & qui fait depuis long-tems l'objet de leurs recherches.

La première observation qui se présente, quand on raisonne sur l'origine des fontaines, c'est que leurs eaux vont toutes se rendre à la mer, comme à un réservoir commun : or depuis tant de siècles que ces écoulemens se rassemblent ainsi, l'Océan & les autres mers auroient sans doute regorgé de toutes parts, & inondé toute la terre, si les rivières qui vont s'y décharger, y portoient des eaux étrangères, qui ajoutassent continuellement à leur immense volume : il faut donc que ce soit la mer même qui fournisse aux sources cette abondance d'eau qui lui rentre; & que par une espèce de

circulation, celles-ci puissent couler perpétuellement, sans trop remplir le vasse bassin qui les reçoit. XII.

Ce raisonnement, qu'on est comme forcé de faire dès qu'on entame cette matiere, est un point fixe où se réunissent toutes les opinions; mais comment l'eau de la mer va-t-elle aux fontaines? Voilà ce qui les partage.

De quelque maniere que l'eau soit amenée à la source d'où nous la voyons sortir, il faut qu'elle puisse, soit en partant, soit en chemin, se dépouiller de la salure, de l'amertume & de la viscosité qu'on sait qu'elle a naturellement: car l'eau des fontaines est douce; & si elle paroît quelquefois chargée de matieres étrangères, ce n'est point ordinairement de celles qui se trouvent dans l'eau de la mer. Il ne suffit donc pas de faire un système hydrostatique par lequel on fasse voir, comment l'eau de l'Océan peut-être déterminée à se porter fort avant dans le continent, pour y former une source: il faut encore que par le même système on puisse apprendre comment cette eau se dépouille de son sel, de son bitu-

12 LEÇONS DE PHYSIQUE

me, s'il est vrai qu'elle en ait, &c.

XII. Selon la pensée de Descartes *.

LEÇON. l'eau de la mer, par des canaux souterrains & suffisamment inclinés, se rend sous les montagnes dans de grandes cavités que la nature y a pratiquées; elle y est échauffée par un degré de chaleur qu'il suppose encore au-dessous de ses grandes chaudières, & elle s'élève en vapeurs dans le corps même de la montagne comme dans le chapiteau d'un alambic; d'où retombant ensuite par son propre poids, lorsqu'elle vient à se condenser elle se filtre à travers des terres jusqu'à ce qu'elle rencontre une issue.

* Princip.
de la Phil. 4.
part. 5. 65.

Si tout alloit ainsi, il faut convenir que l'eau pourroit venir de la mer, & sortir douce au milieu du continent; mais pour rendre raison de ces deux effets, que de suppositions sans preuves! J'aime assez que l'art copie la nature; mais j'ai mauvaise opinion d'un système où la nature imite l'art; & pour dire ce que j'en pense, il semble que celui-ci ait été fait dans le laboratoire d'un Distillateur. Quand bien même on admettroit ces grands alambics qu'on suppose gratuitement,

que feroit-on du sel & des autres matières dont l'eau de la mer se dépouille en s'évaporant? Depuis le temps que cette distillation dure, comment ces grandes chaudieres ne seroient-elles pas encore comblées.

XII.
LEÇON.

C'est apparemment pour lever cette difficulté qu'un Auteur moderne * a imaginé que l'eau salée, après avoir été évaporée pendant quelque temps sous les montagnes, se trouvant alors plus chargée de sel & plus pesante qu'auparavant, reflue par son poids vers la mer, & que se renouvelant ainsi, elle n'est sujette à aucun dépôt. Mais soit que cette pensée soit ingénieuse, & que les gouffres *absorbants* & *vomissants* qu'on observe en quelques endroits de la mer, lui donnent une sorte de probabilité; on peut dire cependant qu'elle auroit peine à se concilier exactement avec les loix de l'hydrostatique, restreintes par les frottements & autres obstacles, & qu'elle charge encore de nouvelles suppositions le système Carrésien, qui peche déjà par défaut de simplicité.

* M. Kuhné
médit sur l'orig.
des font.
pag. 239.

Une autre hypothese, qui ne me paroît pas meilleure que celle-ci, &

14 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

qui a pourtant ses défenseurs, c'est de dire que les eaux de la mer se distribuent à toutes les parties du globe, par une infinité de canaux souterrains, à peu-près comme le sang qui part du cœur, s'étend par les artères, jusqu'aux extrémités du corps animé ; qu'en passant à travers du sable & des terres, elles y déposent leur sel, leur bitume, &c. & qu'étant devenues douces, elles sortent par les passages qu'on leur ouvre, ou que la nature leur a préparés.

Mais par quelle puissances toutes ces veines d'eau s'élèvent-elles au-dessus du niveau de la mer, pour se mettre en état d'y retourner par leur pesanteur ? Pourquoi ne les voit-on jamais sortir de la terre avant que d'être parfaitement douces, si cette douceur ne s'acquiert que par un long trajet ? & depuis six mille ans que dure cette filtration, comment la mer n'a-t-elle point perdu une grande partie de son sel ? & comment ce même sel n'a-t-il point engorgé tous ces aqueducs souterrains ? La vérité est que cette prétendue filtration est une chimère ; l'expérience a fait voir qu'on

ne dessale point suffisamment l'eau de la mer, en la faisant passer à travers des sables & des terres de quelque espece qu'elles soient ; & d'habiles Observateurs * ont remarqué que les eaux souterraines, par-tout où on les rencontre, ont un écoulement déterminé vers la mer, ce qui prouve avec évidence qu'elles n'en viennent point immédiatement. En vain citeroit-on les puits d'eau douce qu'on trouve dans les petites isles & au voisinage des côtes : ces puits tarissent dans les temps de sécheresse ; c'est donc l'eau des pluies, & non pas celle de la mer, qui les entretient.

Les pluies, les neiges, les brouillards, & généralement toutes les vapeurs qui s'élèvent, tant de la mer que des continents & des isles, sont, selon toute vraisemblance, les principales causes qui font naître, & qui entretiennent les fontaines, les puits, les rivières, & en général toutes les eaux courantes, & qui se renouvellent continuellement. En embrassant cette opinion, qui est la plus suivie, on n'est point en peine de savoir pourquoi les eaux qui nous viennent

XII.
LEÇON.

* *Valisneri dell' origine delle font.*

16 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

du sein de la terre, sont douces, quoique pour la plus grande partie elles viennent originairement de la mer; car on fait par expérience que l'eau, en s'élevant en vapeurs comme celles qui forment les nuages, abandonne les sels dont elle est chargée, & toutes les matieres pesantes qui ne peuvent pas se volatiliser comme elle: on comprend aussi fort aisément pourquoi les sources qui sont les plus prochaines de la mer, sont aussi douces que celles qui en sont les plus éloignées; parce qu'elles doivent toutes leur origine aux eaux qui viennent de l'atmosphère, & qu'il n'y en monte aucune qui ne soit dépouillée de son sel: enfin l'on explique sans difficulté pourquoi les sources se trouvent plus communément qu'ailleurs au pied des montagnes; car ces grandes masses qui s'élève beaucoup dans l'atmosphère, arrêtent les nuages, présentent plus de surface aux pluies & aux brouillards, & se couvrent le plus souvent de neiges, qui se fondent peu-à-peu, & qui produisent des écoulements perpétuels, dont la plupart demeurent cachés dans les rochers, ou

ou dans la terre, & ne se montrent qu'aux endroits les plus bas, ou fort avant dans les plaines. XII.

LEÇON.

Ce que l'on objecte de plus spécieux contre ce système, c'est qu'il y a peu d'apparence, dit-on, que ces immenses volumes d'eau que les rivières & les fleuves font passer continuellement sous nos yeux, & qui se succèdent avec tant de rapidité, puissent être le produit d'une mince vapeur, qu'on apperçoit à peine, & qui ne tombe en pluie, en neige, &c. que par intervalles. Mais d'habiles Physiciens * ont fait évanouir cette difficulté, en comparant la quantité d'eau de pluie qui tombe à Paris, & aux environs, pendant le cours d'une année moyenne, avec celle de la Seine qui passe en pareil temps sous le Pont-Royal : il résulte de leurs expériences & de leurs calculs, dont je me dispense de rapporter ici le détail, parce qu'il est très-bien exposé dans un ouvrage moderne * qui est entre les mains de tous le monde; il résulte, dis-je, que dans chaque année, il tombe beaucoup plus d'eau qu'il n'en faut pour entretenir les rivières.

* M. Mariotte, traité du mouv. des eaux, I. part. 2. discours. M. Halley, &c.

* Speff. de la nat. tom. 3. pag. 22. & suiv.

18 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

& pour remplir les étangs; de sorte que ces savants Observateurs, en répondant à une difficulté, en font naître une autre: car les rivières ne reportant point à la mer toutes l'eau qui tombe sur la terre, on demande ce que devient le reste, & pourquoi la mer ne tarit point à la longue?

On peut répondre à cette nouvelle objection, qu'une partie de l'eau qui tombe sur la terre, & qui n'entre point dans le lit des rivières, s'insinue par les crevasses que la sécheresse occasionne, ou par mille autres pertuis que les insectes & les autres animaux ont creusés, & qu'elle forme ces couches d'eau souterraines qu'on observe en bien des endroits, & qui s'écoulent lentement vers la mer; qu'une autre partie sert de boisson aux animaux & de nourriture aux plantes, qui en absorbent beaucoup par leurs branches & par leurs feuilles, comme on le peut voir par les expériences de M. de la Hire * & par celles

* *Mémoires de l'Acad. des Scienc* 1703, pag. 60.

** *Statiq. des végét. Chap. I*

de M. Hales **; & qu'enfin une autre partie tourne en vapeurs, & s'élève de nouveau dans l'atmosphère. Ainsi la pluie qui tombe sur la mer

comme ailleurs , les rivières & les écoulements souterrains ne rendent au grand réservoir que ce qu'il en sort à peu-près ; & ce qui n'y va point remplace apparemment ce qui s'évapore continuellement de la terre & des eaux dormantes ; car les vapeurs qui s'élèvent dans l'atmosphère , & qui font les nuages , ne viennent pas seulement de la mer , mais aussi des continents & des îles.

De quelque manière que nous vienne l'eau , elle n'est jamais parfaitement pure : sans parler de l'air & du feu qu'elle contient toujours en assez grande quantité , puisqu'elle n'est fluide que par le mélange de ce dernier élément , & qu'elle se dépouille visiblement & abondamment de l'autre , lorsqu'on la met dans le vuide ; sans parler , dis-je , de ces deux matières qui se trouvent par tout , l'eau ne va guère sans quelques substances étrangères qui se mêlent à ses parties propres , & qui lui donnent souvent des qualités qui se font remarquer par leurs effets. On connoît aisément que l'eau n'est point pure , lorsqu'elle n'a plus sa limpidité naturelle , ou :

20 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.
LEÇON.

bien lorsqu'on lui trouve de l'odeur ou du goût; mais il peut arriver aussi (& c'est un cas assez commun), que ce qu'elle contient d'étranger ne change rien à ses qualités sensibles; c'est-à-dire, qu'elle n'en paroisse ni moins claire, ni moins insipide, &c. & alors il faut emprunter le secours de l'art, pour s'assurer si elle est aussi pure qu'elle paroît l'être.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut avoir de l'eau de pluie distillée dans plusieurs vaisseaux; mettre fondre dans l'un du sel marin, dans l'autre du vitriol de Mars, dans un autre de l'alun, & de tout en si petite quantité, qu'en goûtant l'eau, on ne puisse pas distinguer de quelle matiere elle est chargée; on doit filtrer toutes ces eaux séparément à travers d'un ou de plusieurs papiers gris, & en mettre dans des verres à boire bien nets environ 2 cuillerées de chacune; on peut aussi en avoir quelques-uns qui contiennent de l'eau de puits bien claire.

Si l'on éprouve toutes ces eaux ,
1°. en y mêlant quelques gouttes de
dissolution d'argent par l'esprit de ni-
tre, il arrive presque toujours qu'elles
se troublent & qu'elles prennent quel-
que couleur.

2°. Si l'on y jette un peu d'infusion
de noix de galle, celle qui contient
du vitriol de Mars, devient d'un roux
obscur & tirant sur le violet.

3°. Si l'on y met un peu d'huile de
tartre par défaillance, celles qui con-
tiennent des matieres salines & ter-
restres, deviennent laiteuses.

E X P L I C A T I O N S.

Les parties salines, métalliques ou
teneuses qui flottent dans l'eau, n'en
altèrent point la limpidité, tant
qu'elles y sont seules, parce qu'elles
sont extrêmement divisées, & que
leur petitesse égale peut-être celle
des molécules de l'eau même, qui les
tient en dissolution, puisqu'elles pas-
sent comme elles au travers du filtre;
mais quand on y jette une liqueur
chargée de quelque matiere, avec la-

22 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. **LEÇON.** quelle ces particules peuvent s'unir, alors il naît de cette union des molécules plus grossières, dont la grandeur, la figure, ou l'arrangement ne convient plus de même au passage de la lumière : voilà d'où vient l'opacité ou la couleur qu'on remarque dans les eaux préparées de notre expérience. Ces mêmes eaux doivent se troubler encore, lorsque les parties de sel qu'elle contiennent, sont de nature à s'unir mieux que l'argent avec l'esprit de nitre ; car dans ce dernier cas, les parties métalliques abandonnées à elles-mêmes, tombent par leur propre poids, & font ce qu'on nomme *précipité*. C'est par cette raison que dans les épreuves précédentes, on a vu devenir laiteuses les eaux qui contenoient du sel marin, ou de l'alun. On ne peut attribuer ces changements qu'aux corps étrangers qui nagent dans l'eau qu'on éprouve : car la même chose n'arrive point quand on se sert d'eau distillée avec soin, dans laquelle on n'a rien mis dissoudre ; & quand on prend des eaux plus chargées, ces mêmes effets en deviennent d'autant plus sensibles.

LES mêmes épreuves que nous avons faites dans l'expérience précédente sur des eaux préparées à dessein, peuvent nous indiquer à peu près les matieres qui dominent dans certaines eaux, dont on a intérêt de connoître les qualités : on pourra donc légitimement soupçonner qu'il y a du fer ou du vitriol dans celles que l'infusion de noix de galle rendra rousses, brunes ou d'un violet obscur; & c'est effectivement un des moyens que l'on employe pour reconnoître les eaux minérales ferrugineuses. L'eau d'un puits ou d'une fontaine qui deviendra laiteuse, ou bleuâtre, lorsqu'on y mêlera de l'huile de tartre ou de la dissolution d'argent, pourra passer pour une eau chargée de quelque matiere saline ou terreuse, ce que le vulgaire appelle communément *eau crue*, & qu'il reconnoît par la difficulté qu'elle a à dissoudre le savon, & à cuire les légumes.

La plus pure de toutes les eaux est celle de la pluie; elle est distillée par

24 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

la nature, & elle ne peut guere avoir d'étranger que ce qu'elle reçoit en passant par l'atmosphère : mais cela suffit apparemment pour y causer du mélange ; car on a beau la recueillir dans des vaisseaux bien nets, & sans qu'elle passe sur les toits ni par les gouttieres, elle ne tient jamais contre toute épreuve, sur-tout quand elle vient après une longue sécheresse & par orage ; elle se sent de la grande quantité d'exhalaisons qui regnent alors, & qu'elle emporte en tombant : mais comme la plupart de ces substances qui viennent de l'air sont volatiles, elle s'en dépouille en peu de temps si elle n'est pas renfermée ; & l'on peu dire que les citernes où elle s'amasse & se conserve, sont d'un très-bon usage.

Les eaux dormantes qui ne sont pas d'une grande étendue, ont ordinairement des impuretés, dont on s'aperçoit au goût, & quelquefois à l'odorat : elles sont souvent sur un fond de terre noire & bitumineuse ; les reptiles & les insectes qui y frayent & qui y périssent, les plantes de leurs rivages qui s'y pourrissent, les char-

gent

gent nécessairement de parties grasses & de sels volatils dont tous ces corps contiennent une grande quantité : toutes ces causes ensemble font prendre à ces eaux des qualités désagréables ou nuisibles ; c'est une attention qu'on devroit avoir dans les campagnes, sur-tout pendant les temps de sécheresse où les eaux sont basses, de tenir les mares très-propres ; de ne souffrir aucunes plantes sur leurs rives, de crainte que dans le grand nombre il ne s'en trouve de venimeuses, & d'empêcher qu'on y trempe le chanvre ou le lin pour le rouir ; car le bétail peut s'empoisonner par les mauvaises eaux, ou gagner des maladies qui auroient des suites fâcheuses.

L'eau de riviere, par les mêmes causes, ne seroit ni plus pure, ni plus saine que celle d'une mare, si le mouvement qui la brise sans cesse, ne prevenoit la corruption, & si son renouvellement perpétuel ne divisoit & ne raréfioit, pour ainsi dire, les matieres étrangères qui s'y mêlent ; & c'est par le défaut de ce dernier effet, sans doute que l'eau des petites rivières est communément moins bon-

26 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII ne à boire que celle des grandes, &
LEÇON. que celle-ci même diminue de bon-
 té, dans les temps de sécheresse où
 elle demeure long-temps basse.

On fait assez de combien de ma-
 tieres différentes les eaux des fontai-
 nes & des puits se trouvent chargées;
 les unes contiennent du fer, du vi-
 triol, & d'autres substances salines ou
 métalliques; telles sont nos fontaines
 minérales de Passy, de Forges, de
 Vichy, de Bourbon, de S. Aman,
 de Plombières, &c. les autres sont
 grasses, ou sulfureuses, jusqu'à s'en-
 flammer: telle est celle de Sibini en
 Allemagne, & celle qui est en Dau-
 phiné auprès de Grenoble *. On en
 voit d'autres dans lesquelles les corps
 se pétrifient ou s'incrustent, parce
 qu'elles sont chargées d'un suc pier-
 reux dont se remplissent leur pores,
 ou qu'elles déposent à la surface des
 matières qu'on y plonge; enfin l'on
 en trouve qui sont tellement chargées
 d'un sel semblable à celui de la mer,
 qu'on en tire assez pour fournir à la
 consommation de plusieurs Provin-
 ces, comme on le voit à Salins, à
 Salies, &c. Les sources qui ont ces

* Histoire
 de l'Académ.
 des Sciences,
 1699. pag.
 23.

qualités, les doivent aux mines par lesquelles elles passent avant que de sortir de la terre ; la nature se sert de toutes ces eaux errantes & comme extravasées, pour charrier & rassembler selon ses vues les principales des mixtes & de toutes les concrétions qui se forment secrettement & peu-à-peu dans le sein de la terre ; & par fois il arrive qu'elles se font jour, ou qu'on leur ouvre des passages, avant qu'elles aient déposé les matieres dont elles sont chargées.

L'eau de la mer est la moins pure de toutes les eaux communes ; sa salure, son amertume, sa viscosité empêchent qu'on en fasse usage pour boire, ou pour préparer les aliments. Pour les voyages de long cours, on est obligé d'embarquer de l'eau douce, qui se corrompt à plusieurs reprises, & qui n'est bonne que par intervalles. Cette provision prend beaucoup de place dans un vaisseau, où l'on n'en a jamais trop ; & lorsqu'elle vient à manquer, il faut souvent se détourner pour en aller chercher d'autre, ou bien l'équipage est exposé à une disette plus cruelle à souffrir que celle

28 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.
LIÇON.

* Exp.
*Physi. sur la
maniere de
rendre l'eau
de la mer
potable, &c.
par M. Ha-
les.*

des autres aliments. Quellec ommodité ne seroit-ce pas pour la navigation, si l'on pouvoit à peu de frais, & sans trop d'embaras, rendre l'eau de la mer potable ! il y a long-temps aussi qu'on en cherche les moyens ; & à la rigueur on peut dire qu'on les a trouvés ; mais les préparatifs, & certains soins qu'exige cette opération, & peut-être plus encore que toute autre chose, la difficulté d'introduire une nouveauté, quelque avantageuse qu'elle paroisse, ont empêché jusqu'à présent que cette découverte ne passât en usage. On peut voir dans un ouvrage dont la traduction paroît ici depuis quelques années *, ce qui a été fait à cet égard par différentes personnes, sur-tout en France, par M. Gautier, Médecin de Nantes, & en Angleterre par M. Hales, membre de la Société Royale, & Auteurs de plusieurs bons ouvrages de Physique. De tous ceux qui se sont appliqués à cette importante recherche, on peut dire que personne n'a mieux réussi que ces deux Savants ; le dernier sur-tout a porté ses vues plus loin que l'autre ; & par des procédés

fort simples, dont l'expérience garantit le succès, il enseigne non-seulement la maniere de purifier l'eau de la mer ; mais encore celle de conserver sans corruption l'eau douce que l'on embarque. (a)

XII.
LEÇON.

De tous les moyens connus que l'on peut employer pour purifier l'eau en général, il n'y en a point de plus usité que la filtration, ni de plus efficace que la distillation. Quand il ne s'agit que de la purger de certaines saletés grossieres qui la rendent trouble, il suffit de la filtrer, comme on fait, à travers de certaines pierres poreuses, ou du gravier que l'on a soin de laver & de renouveler. C'est imiter ce qui se fait naturellement dans les *Caves gouttieres*, ces especes de cavernes qu'on fait dans les carrieres, & où l'on voit l'eau des pluies passer goutte à goutte, par les lits de pierres

(a) Depuis quelques années plusieurs personnes se sont appliquées de nouveau à ces recherches, & sont parvenues à rendre l'eau de la mer potable, en la distillant, après y avoir mêlé de la pierre à cauter, & de la cendre d'os calcinés, pour lui ôter son amertume ; & M. Hales. Pour hâter l'évaporation, a joint à cela de faire passer du vent à travers la masse d'eau que l'on distille.

30 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

qui en forment la voûte. De cette maniere l'eau devient si limpide, que l'on dit, par maniere de proverbe, *clair comme de l'eau de roche*. Mais il ne faut pas croire que cette clarté annonce toujours une pureté parfaite, elle n'en est qu'un signe fort équivoque; car la plupart de ces eaux mêmes qui se filtrent si lentement au travers des roches, portent avec elles un suc pierreux, qui s'amasse avec le temps, & qui forme dans l'intérieur des grottes une infinité de crystaux pendants, de différentes figures comme on en voit aux caves de l'Observatoire de Paris, & beaucoup plus aux grottes d'Arcy en Bourgogne. L'eau, en se filtrant, ne se dépouille donc que des matieres plus grossieres qu'elle, & pour qui les pores du filtre ne sont pas suffisamment puverts: mais tout ce qui est assez subtil pour passer avec l'eau, y demeure constamment uni, ou ne cede qu'à une filtration souvent répétée ou fort longue.

La distillation agit plus efficacement; mais on ne peut pas dire encore que ce soit un moyen sûr, pour avoir l'eau absolument sans mélange;

car si les substances étrangères qu'elle contient, sont aussi évaporables qu'elle-même, elles monteront comme elle au chapiteau de l'alambic; & l'eau, après avoir été distillée, n'en sera pas plus pure qu'auparavant. Cette méthode ne peut donc avoir lieu que pour les eaux qui sont chargées de quelque matiere fixe, encore faut-il avoir la précaution de ménager le feu, & de ne lui donner que le degré nécessaire pour élever l'eau en vapeurs.

L'EAU la plus épurée que l'on distille jusqu'à siccité, c'est-à-dire, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus rien de liquide, laisse toujours un peu de matiere terreuse au fond de la cucurbite; & quoiqu'on la distille plusieurs fois, & que les vaisseaux soient bien nets, on remarque toujours ce petit résidu. Ce fait, observé par Boyle, par Hook, & par quelques autres Physiciens, leur a fait conclure que l'eau n'est point d'une nature inaltérable; & M. Newton, adoptant cette pensée, dit nettement * « que l'eau se change en » une terre solide par des distillations » réitérées. » Cependant M. Boerha-

XII.
LEÇON.

* Train
d'Optique.

XII.
LEÇON.

ve, qui dit avoir examiné la chose avec une grande attention, n'est point de ce sentiment; il croit au contraire que les parties de l'eau sont des éléments inaltérables, & que l'action du feu le plus violent ne peut les entamer, ni par conséquent leur faire changer de forme. Quant au fait sur lequel s'appuyent M. Newton & ceux qui pensent comme lui à cet égard, il l'explique en disant, que la matière terreuse qu'on trouve après chaque distillation, vient de la masse d'air renfermée dans l'alambic, & au travers de laquelle les vapeurs de l'eau s'élèvent, ou bien de quelque négligence dans la manipulation.

On ne peut pas nier que l'air contenu dans les vaisseaux d'un laboratoire, où la cendre voltige assez ordinairement, ne soit chargé de quelques saletés, qui peuvent se mêler à l'eau pendant qu'on la distille. Il est vrai qu'on aura peine à croire que cela puisse fournir une quantité sensible de matière terreuse: mais on n'en trouve que bien peu aussi; & j'aimerois mieux croire, après l'examen qu'en a fait M. Boerhaave, que

c'est une matiere étrangere mêlée à l'eau, que de penser, sur une preuve aussi légère & aussi douteuse, que l'eau soit réductible en terre.

XII.
LEÇON,

Comme les matieres dont l'eau se trouve chargée, sont communément plus pesantes qu'elle, on a raison de regarder la plus légère comme la meilleure. Il pourroit arriver cependant, qu'avec une moindre pesanteur, elle eût quelque mauvaise qualité: mais ce n'est point le cas le plus ordinaire; & quand cela se trouve, les substances dont elle est infectée, sont presque toujours spiritueuses ou volatiles, & l'odorat en peut juger.

On ne peut avoir que des à-peu-près touchant la pesanteur spécifique de l'eau, parce qu'elle est plus ou moins pesante, selon son degré de pureté. Boyle prétend que toutes les eaux douces, de quelque pays qu'elles soient, pèsent à peu-près également; & qu'en les examinant selon les loix de l'Hydrostatique, on y trouve à peine un millieme de différence: mais il est presque seul de son avis, & je fais, par mes propres expériences, & par celles de

34 LEÇONS DE PHYSIQUE

LEÇON. XII. plusieurs Physiciens fort exacts, que sans sortir de la même province, & quelquefois même dans le même lieu, on trouve des eaux qui pèsent sensiblement plus les unes que les autres. Boyle lui-même fait mention * d'une certaine Rivière, dont l'eau pèse un quart moins que l'eau commune d'Angleterre; ce qui me semble bien difficile à croire: les Peuples qui en habitent les bords devroient vivre long-temps, s'il est vrai, comme le dit Hérodote*, que les Ethiopiens vieillissent communément jusqu'à 120 ans & davantage, parce que les eaux qu'ils boivent sont extrêmement légères; mais n'en déplaise à Hérodote, qui connoissoit mieux l'histoire morale des hommes que celle de la Nature, je crois qu'il est permis de douter & du fait & de sa cause.

* *De usu
Philos. Expe-
rim. part. 2.*

* *Lib.
6. 125.*

La pesanteur spécifique de l'eau la moins chargée de corps étrangers, telle qu'est pour l'ordinaire celle de la pluie ou de la neige fondue, est à celle de l'or à peu-près comme 1 est à $19\frac{1}{2}$; à celle du mercure, comme 1 à 14; à celle de l'air, comme 1000.

à $1 \frac{1}{4}$. Si l'on veut savoir le rapport de l'eau comparée, quant au poids, avec un plus grand nombre de matieres, il faut consulter la Table qui se trouve dans le second Volume de cet Ouvrage, *pag. 393 & suiv.* Mais je dois avertir les personnes qui seroient curieuses ou de répéter ces sortes de comparaisons, ou d'en tenter de nouvelles, soit avec l'Aréometre, soit en usant de tout autre moyen, de faire leurs épreuves avec toutes les précautions que j'ai marquées, quelques pages avant la Table dont je viens de parler.

De toutes les attentions qu'on doit avoir dans ces sortes d'expériences hydrostatiques, une des plus essentielles, c'est de ne point comparer deux eaux ensemble, qu'elles n'ayent précisément un égal degré de chaleur, & que cette température commune ne differe pas beaucoup de celle de l'air, ou du milieu dans lequel on opere; car l'eau, comme toutes les liqueurs, & pour parler plus généralement, comme toutes les matieres du monde, se raréfie & devient plus légère, à mesure qu'elle s'échauffe,

36 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

comme elle se condense & devient plus pesante en se refroidissant. Ce n'est donc qu'avec un Thermomètre très-sensible, & scrupuleusement observé, qu'on peut entreprendre ces opérations, dont les résultats ne peuvent donner que des différences peu considérables, & dans lesquelles la plus petite erreur devient une grande faute.

L'EAU qui, cessant d'être glace, commence à être liqueur, & que l'on expose à l'action du feu dans un vaisseau où l'air extérieur a un libre accès, s'échauffe & se dilate peu-à-peu jusqu'à ce qu'elle bouille; après quoi elle cesse de se dilater & de s'échauffer, quoique l'on continue ou que l'on augmente même la violence du feu: mais comme elle bout plus ou moins facilement, selon que sa surface est plus ou moins libre de se soulever, il peut arriver qu'elle soit dilatée autant qu'elle peut l'être, avant qu'elle ait reçu toute la chaleur qu'elle pourroit prendre; ou bien elle peut être gênée de façon qu'en se dilatant moins que de coutume, elle s'échauffe cependant beaucoup davantage.

Les expériences suivantes serviront & d'explications & de preuves à ces propositions.

XII.

LEÇON.

II. EXPERIENCE.

PRÉPARATION.

IL faut choisir un matras dont le col ait environ 15 pouces de longueur, & 12 ou 14 lignes de diamètre intérieurement; le placer dans une cuvette remplie de neige ou de glace pilée, & à côté de lui un vaisseau de verre ou de métal-fort mince plein d'eau, qu'on laisse refroidir pendant quelques heures. *Voyez la Fig. 1.* Prenez ensuite de cette eau refroidie avec un chalumeau de verre renflé au milieu, & que vous n'emplirez jamais que jusqu'au fil *A*. Faites en sorte qu'une telle mesure vidée 25 fois dans le matras le remplisse à peu-près jusqu'à la naissance du col; alors vous y plongerez un petit Thermometre de mercure, gradué avec des fils sur son propre tube, & que vous arrêterez dans le col du matras, par le moyen de deux petites rondelles de liège, taillées en rosettes, afin

38 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. qu'elles ne bouchent point entièrement & qu'elles laissent un libre accès à l'air extérieur.

LEÇON.

Tout étant ainsi disposé, marquez avec un fil sur le col du matras, l'endroit où se terminent les 25 premières mesures d'eau; & continuez d'en mettre encore 2 ou 3, dont chacune sera marquée par un fil. Puis vous les ôterez en inclinant le vaisseau, ou avec un chalumeau, de sorte qu'il n'en reste que 25.

Il faut avoir un bain de sable qu'on puisse échauffer avec un réchaud plein de charbons allumés, & dans lequel on puisse placer le matras.

Enfin il faut encore que ce matras placé dans son bain de sable, puisse répondre au récipient d'une machine pneumatique, par le moyen d'un siphon, comme on le peut voir par la *Fig. 2.*

E F F E T S.

1°. Lorsqu'on a transporté le matras, de la cuvette pleine de glace dans le bain de sable, & qu'on l'a chauffé jusqu'à ce que l'eau commence à bouillir; alors le Thermometre mar-

que 212, s'il est gradué comme ceux de Fahrenheit, ou de Reaumur; & le vaisseau se trouve plein jusqu'au second fil, comme il l'étoit quand il y avoit 29 mesures d'eau froide.

XII.
LEÇON.

2°. Quoique l'on continue de chauffer le bain de sable, l'eau ne s'élève pas davantage dans le matras; & la liqueur du Thermometre, restant toujours à la même élévation, marque évidemment que le degré de chaleur est toujours le même.

3°. Si, lorsqu'on fait chauffer l'eau, au lieu de laisser le matras, ouvert & communiquant avec l'air extérieur, on adapte son orifice au siphon, comme on le voit par la *Fig. 2*; & qu'en faisant agir la pompe, on raréfie d'abord le plus qu'il est possible, l'air qui est dans ces vaisseaux, & qui s'étend jusqu'à la surface de l'eau contenue dans le matras; à peine le Thermometre est-il monté au 64^e degré, ce qui marque une chaleur bien médiocre (a), que l'eau commence à bouillir fortement.

(a) Ce degré de chaleur répond environ au quatorzième du Thermometre de M. de Reaumur; c'est un peu plus que la température moyenne de l'Atmosphère dans le climat de Paris.

40 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. LEÇON.

4°. Si l'air est moins raréfié, l'eau bout plus tard, c'est-à-dire, qu'il faut qu'elle ait acquis une plus grande chaleur que dans le cas précédent, & le retardement de l'ébullition augmente comme la densité de l'air qui agit sur la surface de l'eau.

III. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

BC, *Fig. 3*, est une boîte cylindrique de métal, qui a par-tout environ 8 lignes d'épaisseur, & dont le couvercle également épais, s'applique par le moyen d'une grosse vis *D*, & d'une bride ou étrier très-solide, de fer forgé. Il faut mettre plusieurs anneaux de papier mouillé entre les parties qui se joignent; afin que le vaisseau demeure exactement fermé. *EF* est une espèce de réchaud, ou de fourneau de tôle forte, dans lequel on met de la braise ou du charbon allumé, pour échauffer le vaisseau *BC*, que l'on place dedans, sur un trépied qui le tient élevé de quelques pouces au-dessus du feu.

EFFETS.

Si l'on emplit d'eau cette espèce de marmite , à peu-près jusqu'aux trois quarts de sa capacité , & qu'on y renferme des os les plus épais & les plus durs , après lui avoir donné un degré de chaleur capable d'évaporer subitement une goutte d'eau qu'on jette dessus , on trouve les os blanchis , amollis , de manière qu'on les écrase facilement sous les doigts , comme s'ils avoient été calcinés ; & si l'on employe des os de veau , avec un peu de corne de cerf , & un degré de feu beaucoup moindre , l'eau étant refroidie , a la même consistance & le même goût qu'une gelée de viande.

Si l'on y a mis des morceaux de Chêne , de Hêtre , d'Orme , &c. on les retire semblables à du bois mort , qui auroit été long-temps exposé à l'air & à la pluie ; & l'eau dont ils ont été pénétrés , annonce par sa couleur , par son odeur & par son goût , qu'elle en a extrait les huiles , les sels & les sours qui servoient à lier les fibres.

E X P L I C A T I O N S.

QUAND on fait chauffer de l'eau
Tome IV. D

42 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

dans un vase ouvert, le feu qui s'insinue entre les parties du liquide, qui tend à les écarter & à les diviser, fait un effort continuel pour dilater la masse & en augmenter le volume; les parois & le fond du vase d'une part, & de l'autre le poids de l'atmosphère qui presse la surface, sont autant d'obstacles qui s'opposent à cet effet; mais comme l'air pèse autant autour du vase que dessus, l'eau s'y trouve doublement contenue, tandis qu'à sa surface il n'y a que la pression de l'atmosphère à vaincre: ainsi à mesure qu'elle se dilate, elle s'élève peu-à-peu, jusqu'à ce qu'enfin les pores étant suffisamment ouverts, la matière du feu passe librement au travers de la masse, & n'en souleve plus que certaines parties les plus exposées à son choc, & qui retombent aussi-tôt; ce qui fait l'ébullition.

Mais si le poids ou le ressort de l'air ne presse plus; ou qu'il presse moins la surface de l'eau, le feu, avec un moindre effort, peut la soulever, passer librement, & la faire bouillir: c'est donc pour cela qu'on a vu l'eau du matras s'élever en gros bouillons,

quoiqu'elle fût à peine tiède ; car alors l'air qu'on avoit extrêmement raréfié, n'étoit plus en état de la contenir aussi long-temps contre l'action du feu.

XII.
LEÇON

Par la raison du contraire, lorsque l'eau est enfermée de toutes parts, dans un vaisseau bien solide, comme celui de la troisième Expérience, le feu qui ne peut la soulever pour se faire un passage libre, s'amasse en plus grande quantité ; & le liquide, qui tend à se dilater & à s'étendre avec une force proportionnée à cette résistance, pénètre tout ce qui est enfermé avec lui ; & les os dilatés eux-mêmes par un grand degré de chaleur, en deviennent plus pénétrables ; l'eau s'insinue donc dans leurs pores, & en enlève tous les sucs qui lient les parties, de sorte qu'après cette extraction, les lames osseuses & leurs parties se désunissent au moindre effort.

Quand on fait ainsi chauffer l'eau dans un vaisseau fermé exactement, il faut bien prendre garde de l'exposer à un feu trop violent ; car une dilatation forcée pourroit faire tout voir

44 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

ver, au grand danger de ceux qui se trouveroient présents ; c'est pour cela que je me sers d'une ~~boite~~ de fonte qui a par-tout 8 lignes d'épaisseur, & que je ne lui donne qu'un degré de feu peu considérable.

Il faut remarquer aussi que l'amollissement des os, & les dissolutions qu'on peut faire par le moyen de cette machine, réussissent d'une manière plus complète, & plus promptement, lorsqu'on fait agir le feu avec plus de vigueur : c'est-à-dire que la même quantité de charbon allumé lentement, n'a pas autant d'effet que s'il étoit brûlé tout ensemble, & poussé avec plus de force ; apparemment, parce qu'un feu lent a le loisir de s'évaporer en partie à travers le métal ; ce qui diminue d'autant son action dans l'intérieur du vaisseau.

A P P L I C A T I O N S.

PUISQU'IL faut moins de feu pour faire bouillir l'eau, lorsqu'elle est moins pressée par le poids ou par le ressort de l'air ; dès qu'on a eu cette connoissance, on a dû présumer qu'au sommet d'une montagne la chaleur

de l'eau bouillante ne devoit pas être aussi grande , qu'elle le seroit dans un lieu moins élevé ; car la colonne d'air qui répond à l'ouverture du vase , étant plus courte , est aussi moins pesante. Cette présomption, vérifiée par MM. de Thury & le Monnier , nous apprend que la chaleur de l'eau bouillante , qu'on regarde communément comme un terme fixe , ne l'est pourtant qu'à certaines conditions ; c'est pourquoi Fahrenheit, en construisant ses thermometres , ne manquoit pas d'avoir égard à la hauteur actuelle du barometre , & ne manquoit le terme de l'eau bouillante , au 212°. degré , que dans les lieux & dans les temps où le poids de l'atmosphère soutenoit 28 pouces de mercure , mesure du Rhin , ce qui revient à peu-près à 27 pouces $\frac{1}{2}$ de France , hauteur moyenne du barometre ; j'en use de même à l'égard des thermometres de mercure , à qui je donne une marche fort étendue.

Il est probable que ce que nous venons d'observer ici à l'égard de l'eau , est commun à toutes les liqueurs : ainsi l'esprit-de-vin d'un thermome-

46 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

tre doit bouillir d'autant plutôt, que le tube de l'instrument est purgé d'air plus parfaitement. Les premiers qui ont été construits sur les principes de M. de Reaumur, ne soutenoient pas la chaleur de l'eau bouillante, par cette raison; mais on peut leur donner cette propriété, en laissant un peu d'air dont le ressort s'oppose à l'ébullition, lorsque la liqueur monte aux plus hauts degrés. Il faut alors que les verres soient un peu plus épais que de coutume, pour résister à l'effort qui se fait intérieurement.

Cette espèce de marmite dans laquelle nous avons fait amollir les os, est une invention que l'on doit à Papin, dont elle a toujours porté le nom; il fut le disciple de M. Huyghens à Paris, & ensuite à Londres celui de Boyle, sous la direction duquel il fit une grande partie des expériences physico-mécaniques qu'on trouve dans les ouvrages de ce dernier Auteur. En publiant cette machine, son dessein étoit d'introduire un moyen facile & de peu de dépense, pour extraire les suc de toutes les matieres, tant animales que végétales;

& pour cuire sans évaporation toutes les matieres qui servent d'aliments. XII.

On peut voir, dans un volume Leçon.
in-12 * qu'il fit imprimer en 1681, * La ma-
la description de ce *digesteur*, (c'est ^{niere d'amol-}
le nom qu'il lui donne), les cor- ^{lir les os, &}
rections qu'il y fit en différents temps, ^{de, &c.}
& un grand nombre d'expériences
fort curieuses; d'où il résulte, qu'en
peu de temps, & avec une petite
quantité de charbon, on peut faire
de fort bonne gelée, avec les os
de bœufs & autres matieres, dont
on ne fait point usage; qu'on peut
cuire les viandes, le poisson & les
fruits dans leur jus, leur conserver
leur suc & un meilleur goût; extraire
les teintures de différentes matieres;
amollir les bois durs & l'ivoire, de
maniere qu'on puisse y imprimer des
médailles, &c.

Tous ces avantages, que personne
n'a jamais contestés, & que les gens
de l'art lui accordent même encore
aujourd'hui, portent naturellement à
demander pourquoi l'on néglige l'u-
sage de cette machine. C'est qu'il y a
quelques difficultés à vaincre, il faut
qu'avec une force suffisante pour l'em-

48 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

pêcher de crever au feu , & avec la capacité d'une marmite ordinaire , elle devienne assez simple pour être confiée aux soins d'un domestique , & d'un prix qui s'accorde avec les vues d'économie qui l'ont fait inventer (a).

Une des principales propriétés de l'eau , & dont on voit le plus communément les effets , c'est de s'introduire dans presque tous les corps , & d'en dissoudre un très-grand nombre ; à l'exception des matières grasses , des résines , & de quelques concrétions ou compositions très-dures , comme sont les cristaux , le verre , &c. elle pénètre toutes les autres ; il n'y a de différence que du plus au moins : l'énumération qu'on en pourroit faire occuperoit ici trop de place , & c'est un détail qui appartient plus à la chymie qu'à la physique : je me bornerai donc à quelques exemples qui m'ont paru plus remarquables que les autres ,

(a) Voyez un petit ouvrage imprimé à Clermont-Ferrand en 1761 , sous ce titre : *Mém. sur l'usage économique du Digesteur de Papin* , donné au public par la Société des Belles-Lettres , Sciences & Arts de Clermont-Ferrand.

ou

ou qui sont plus intéressants par l'usage qu'on en peut faire.

XII.
LEÇON.

Les sels, & sur-tout ceux qu'on nomme *alkalis*, sont de toutes les matières, celles qui se dissolvent ou en plus grande quantité ou plus vite dans l'eau, & dont la solution offre les phénomènes les plus curieux : en voici deux des principaux, & qui me donneront occasion d'en rapporter d'autres : 1^{ment}, un sel que l'on jette dans l'eau, s'y dissout en plus ou moins grande quantité, selon la nature dont il est, & le degré de chaleur de l'eau : 2^{ment}, il la refroidit communément.

IV. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Que l'on pèse séparément une demi-livre de sel marin, & autant de salpêtre raffiné, l'un & l'autre pulvérisé & bien séché; qu'on en mette peu à peu dans deux vases qui contiennent chacun une livre d'eau distillée, & dont le degré de chaleur soit égal, jusqu'à ce qu'enfin ces deux portions d'eau soient rassasiées, l'une de sel marin, l'autre de salpêtre, ce qui

50 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. s'apperçoit lorsque les grains demeurent au fond sans se dissoudre ; & que
LEÇON. l'on pèse les restants des deux sels pour savoir duquel on a employé le plus.

E F F E T S.

On trouve plus de salpêtre que de sel marin ; & par conséquent on voit que la même eau , à chaleur égale , dissout plus du dernier que du premier.

V. EXPÉRIENCE.

P R É P A R A T I O N.

Si l'on met dans l'eau bouillante autant de sel commun qu'elle en peut dissoudre , & qu'on la laisse refroidir ensuite :

E F F E T S.

A mesure que l'eau perd sa chaleur , on voit une partie du sel tomber au fond ; & si on la fait chauffer de nouveau , ce sel disparoit , & rentre dans l'eau.

E X P L I C A T I O N S.

Chaque grain de sel que nous voyons , est un assemblage de petits

crystaux que nos yeux, aidés du meilleur microscope, ne pourroient point appercevoir séparément les uns des autres ; ces particules, lorsqu'elles sont réunies, & qu'elles font masse, laissent entr'elles des petits intervalles dans lesquels l'eau s'insinue, par la même cause apparemment, qui la fait entrer dans les tuyaux capillaires. Mais comme cette cause, telle qu'elle soit, est plus puissante que la force avec laquelle les parties du sel sont jointes ensemble, l'eau non-seulement se glisse entr'elles, mais elle les écarte & les sépare les unes des autres : alors la masse qui étoit visible disparoît, & ses parties désunies flottent dans le dissolvant.

Ces particules salines, aussi fines peut-être que celles d'un fluide, enfilent à leur tour les pores de l'eau, & se distribuent uniformément dans toute la masse, dans laquelle, malgré leur excès de pesanteur, elles demeurent suspendues par le frottement, ou par la même cause qui les a fait monter. Une preuve que le sel dissous se loge dans les pores de l'eau, c'est que les deux volumes se confondent ; c'est-

52 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.
LEÇON. à-dire qu'on peut faire fondre dans l'eau une certaine quantité de sel, sans que le vase qui la contient en soit plus plein : il faut donc que les parties de celui-ci n'occupent dans le fluide que des places qui étoient vuides, ou remplies d'une matiere qui n'étoit point de l'eau.

Les parties du sel s'unissant à celles de l'eau, en augmentent la grandeur, & en changent la figure : ces deux causes, dont une pourroit suffire, rendent le dissolvant moins propre à entamer de nouvelles masses ; & c'est par cette raison sans doute que l'eau ne peut dissoudre qu'une certaine quantité de sel.

Mais comme la chaleur augmente la fluidité de l'eau, sa porosité & celle du sel, la dissolution qui dépend beaucoup de ces conditions, devient plus prompte & plus complete avec l'eau bouillante qu'avec toute autre ; & lorsque le froid vient à resserrer les pores, les parties de sel qui n'y trouvent plus de place, se rassemblent & tombent au fond du vaisseau.

Comme la dissolution dépend en-

core d'une certaine proportion de grandeurs & de figures entre les parties du dissolvant, & les pores du corps dissoluble, & que les sels dont les parties different suivant l'espece, doivent, par cette raison, avoir des pores fort differents les uns des autres, l'eau ne doit point avoir prise sur tous. Voilà pourquoi peut-être elle dissout, par exemple, plus de sel marin que de salpêtre.

XII.
LEÇON.

On peut croire que toutes les parties de l'eau ne sont point d'une grandeur égale, que sa porosité par conséquent n'est point uniforme, & qu'il y a dans sa masse des interstices plus ouverts les uns que les autres; il est très-probable aussi que certains sels ont des parties assez déliées pour remplir jusqu'aux plus petits pores de l'eau, tandis que d'autres, en se dissolvant, ne peuvent se loger que dans les plus grands; de-là il doit s'ensuivre que l'eau chargée d'un sel, autant que l'analogie ou la proportion des parties le permet, soit encore en état d'en dissoudre quelqu'autre; aussi voit-on, par exemple, l'eau rassasiée de nitre dissoudre encore un peu de sel marin.

Dans une chopine ou une livre d'eau bien pure & bien fraîche, il faut mêler 4 ou 5 onces de sel armoniac pulvérisé.

E F F E T S.

A mesure que le sel se dissout, l'eau se refroidit considérablement; ce qu'il est facile d'apercevoir, non-seulement au tact, mais encore mieux, par le moyen d'un thermomètre que l'on tient dans le mélange, & dont on voit baisser la liqueur de 12 à 13 degrés.

E X P L I C A T I O N S.

Le sel armoniac vient d'Egypte : on le tire de la suie des cheminées où l'on a brûlé des excréments d'animaux mêlés avec de la paille. M. Geoffroy, qui nous en a appris l'origine, nous a aussi donné les moyens d'en faire artificiellement, & de nous passer à cet égard du commerce étran-

Mém. de ger * M. son frere en éprouvant les

différents degrés de froid ou de chaud XII.
 que le mélange des sels peut faire LÉÇON.
 prendre à l'eau *, remarqua, comme l'Acad. des
 avoit fait Boyle avant lui, que de tous Sc. 1720 p.
 ceux qui la refroidissent, il n'y en a 189.
 point qui aient autant d'effet que le * Mém. de
 sel armoniac ; que ce refroidissement l'Acad. des
 peut aller jusqu'à faire glacer, non pas Sc. 1700. p.
 l'eau même qui est chargée de sel, 110.
 mais toute eau pure qui touche le
 vase où est le mélange.

Ce savant Chymiste attribue ces
 sortes d'effets au repos des parties, en
 supposant, selon l'opinion qui étoit la
 plus commune alors, que la chaleur,
 dans les corps, n'est autre chose que le
 mouvement intestin des petites masses
 qui les composent. « Ayant établi, dit-
 » il * (avec tous les Physiciens) ; que * Ibid. p.
 » le froid n'est que la diminution du 114.
 » mouvement, je dis que le refroi-
 » dissement que les sels apportent à
 » l'eau, me paroît venir de ce que les
 » parties salines étant sans mouve-
 » ment, & partageant celui de la li-
 » queur, le diminuent d'autant, ce
 » qui produit le refroidissement plus
 » ou moins grand de cette même li-
 » queur. Et pour expliquer en par-

56 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

* *Ibid.* p.
229.

ticulier pourquoi le sel armoniac refroidit l'eau plus qu'aucun autre, il ajoute*: « Le sel armoniac est (comme l'on fait) un composé de sel marin & de sel d'urine; l'un très-aisé, l'autre très-difficile à dissoudre. Les parties du sel marin étant comme emprisonnées entre les parties du sel d'urine, il arrivera que beaucoup de parties d'eau pénétrant d'abord très-promptement les particules salines de l'urine, y perdront aussi-tôt beaucoup de leur mouvement; & ce mouvement s'affoiblira d'autant plus, que ces parties d'eau rencontreront ensuite des parties salines d'une autre nature, & dont la résistance est beaucoup plus considérable que celle des sels de l'urine; ainsi dans les premiers instants de la dissolution, le mouvement d'une grande quantité de particules aqueuses se trouvant ralenti tout d'un coup très-considérablement par les sels de l'urine, & par le sel marin, excitera dans ces premiers moments un froid bien plus grand que le froid des autres dissolutions des sels, que l'eau ne pénétre pas si promptement ».

Ces explications sont intelligibles ;
 elles n'emploient que des causes mé-
 chaniques dont on entrevoit au moins
 la possibilité ; mais elles supposent un
 principe que j'ai peine à admettre , &
 sur lequel j'ai déjà dit ma pensée ail-
 leurs * ; rien ne m'engage à croire
 que les liquides comme tels aient un
 mouvement de parties autre que ce-
 lui qui se trouve dans tous les corps
 indifféremment , par leur degré de
 chaleur actuel. Je ne vois donc pas
 bien pourquoi les parties de sel fe-
 roient sans mouvement , ni pourquoi
 elles diminueroient celui de l'eau en
 le partageant. Mais ne pourroit-on
 pas dire , que par la pénétration réci-
 proque de l'eau dans le sel , & des
 parties salines dans les pores de
 l'eau , la matiere du feu est expulsée
 pour quelque temps ; ce qui doit ral-
 lentir cette espece de mouvement en
 quoi consiste la chaleur , & qui dé-
 pend d'elle pour naître & pour sub-
 sister ? Ce qui semble autoriser cette
 conjecture , c'est qu'il y a certaines
 fermentations froides qui exhalent
 des vapeurs chaudes , & qui semblent
 indiquer par cet effet , que le feu

XII.

LEÇON.

* Tome II.

P. 442.

58 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. chassé avec violence des matieres qui
LEÇON. se pénètrent mutuellement, emporte
avec lui les parties les plus subtiles
de ces mêmes matieres.

A P P L I C A T I O N S.

Quelques Auteurs attentifs aux causes finales, & occupés du desir de les faire connoître, considérant que la mer est salée par-tout, & qu'elle l'est davantage dans les pays chauds que dans ceux qui sont plus froids, prétendent que sans cette précaution, l'Océan n'eût été qu'un grand cloaque d'eaux corrompues, inhabitable pour être animé, & inaccessible aux hommes. « La divine Providence, disent-ils, qui veille à la conservation de toutes choses, ayant donné au sel la propriété d'empêcher la corruption, en a mis dans les eaux de la mer pour les conserver saines : & proportionnant le remede aux besoins, elle a employé ce minéral en plus forte dose, dans les climats où l'eau est le plus en danger de se corrompre, par la chaleur qui y regne ».

Il est certain que Dieu a tout fait

pour le mieux ; & par mille exemples frappants qui se présentent d'eux-mêmes, & que nous ne saurions voir avec assez d'admiration & de reconnaissance, nous sommes convaincus que la sagesse a établi les moyens les plus simples & les plus sûrs, pour conserver ce bel ordre qui regne dans ses œuvres, & d'où dépend notre bien-être : mais par-tout où ses desseins ne se montrent point d'eux-mêmes, je crains toujours de me tromper en essayant de les deviner, & de prêter à l'Auteur de la nature des intentions qu'il n'a point eues, & que la nature même démente lorsqu'elle sera mieux observée. Si le sel a été mis dans la mer par une main qui ne trompe jamais, comme un préservatif nécessaire pour empêcher la corruption, pourquoi l'eau de la mer se corrompt-elle comme d'autres, quand on la garde dans des vaisseaux fermés ? Pourquoi les grands lacs, & toutes les eaux douces, même des pays chauds, ne deviennent-ils pas des cloaques infects ? Enfin s'il falloit absolument que l'eau de la mer fût incorruptible, pour être en état de faire vivre des

XII.

LEÇON.

 XII.
LEÇON.

êtres animés, pourquoi les eaux croupies fourmillent-elles d'animaux ? Etoit-il plus difficile de créer des poissons qui pussent vivre, comme la plupart de nos reptiles, dans une eau corrompue, que d'en faire naître qui s'accommodassent d'une eau salée où tous les autres périssent. Je m'en tiens donc au fait, & je vois que, selon le résultat de la 5^e expérience, la mer doit être plus salée, (comme elle l'est en effet), dans les climats chauds que dans le nord, puisque l'eau tient d'autant plus de sel en fusion, qu'elle est plus chaude. Ce n'est pas qu'on ne trouve quelquefois, sur-tout près des côtes, à l'embouchure des rivières, & dans les courants, l'eau de la mer plus douce dans un pays chaud, qu'elle ne l'est communément dans un climat plus froid ; mais ce sont des cas particuliers qui ont aussi leurs causes à part ; & il s'agit ici du général. Il n'est pas douteux que le goût salé qu'on trouve à l'eau de la mer, ne vienne du sel qu'elle contient ; on l'en sépare tous les jours par évaporation dans les marais salants qui sont sur les côtes d'Aunis, de Breta-

gne, &c. pour être distribué ensuite dans les gabelles du Royaume; & par les expériences de M. le Comte de Marfilli, de MM. Halley, Hales, &c. quoique les résultats ne soient pas tout-à-fait les mêmes, il paroît qu'il y a par livre d'eau environ 4 gros de sel, c'est-à-dire $\frac{1}{13}$ du poids. Mais on voudroit savoir comment ce sel se trouve dans l'eau de la mer, & comment il s'y entretient toujours à peu-près en même quantité; ces deux questions n'ont encore fait naître que des conjectures.

XII.
Leçon.

L'opinion la plus commune suppose qu'il y a dans le lit de la mer des mines de sel comme on en trouve en divers autres endroits de la terre; que l'eau qui les baigne continuellement, s'en charge peu-à-peu, & que le mouvement distribue cette salure uniformément dans toute la masse des eaux. Cette supposition n'a rien qui choque au premier aspect; elle est appuyée sur des exemples, & ce n'est pas la détruire que de dire: « Jamais la son-
» de dont on se sert pour connoître
» les différents fonds de la mer, n'a
» montré l'existence de ces préten-

62 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

« dures mines de sel » ; car la sonde ne va point par-tout ; & quand elle iroit , ces lits de sel peuvent être aussi durs qu'une infinité d'autres corps qu'elle n'entame point , & dont elle n'apporte jamais d'échantillons. Mais ce qui souffre plus de difficulté , c'est de savoir pourquoi de ces mines que la mer couvre & frotte continuellement , il ne s'en dissout que 4 gros par livre d'eau , tandis qu'on fait d'ailleurs que cette eau même en peut dissoudre beaucoup plus : Quelle est donc la cause qui arrête les progrès de cette dissolution ?

Dira-t-on qu'elle continue toujours pour remplacer le sel qu'on tire de la mer ?

Un remplacement si précis , que la salure soit toujours égale , à peu de chose près , paroît suspect ; on ne tire point du sel de la mer dans toutes les saisons , & cependant la salure est toujours la même.

Vaudroit-il donc mieux dire que ces mines sont épuisées dès les premiers temps de la création , & que la mer ne dissout plus de nouveau sel , parce qu'elle n'en trouve plus

à dissoudre? Mais comment remplacer alors celui qu'on en tire chaque année, pour rendre raison d'une salure qui paroît être égale?

~~XXXXXXXXXX~~
XII.
LEÇON.

J'avoue que cette opinion a bien ses difficultés aussi: mais cependant s'il falloit prendre parti pour quelque-une, ce seroit à celle-ci que je donnerois la préférence. Quant au remplacement du sel, je trouve un moyen de le faire, en considérant que celui qu'on extrait de la mer, & qui s'emploie soit dans nos aliments, soit à d'autres usages, ne s'anéantit point; qu'il n'est que dispersé; qu'étant fixe, comme on sait qu'il l'est, il ne peut que se répandre à la surface de la terre, ou s'y enfoncer peu profondément. Les eaux douces doivent nécessairement s'en charger; & comme elles vont toutes à la mer, ce sel, qui en étoit sorti, y rentre continuellement: en un mot, il faut admettre cette circulation, ou supposer que tout le sel qui sort de la mer reste en terre & augmente la masse du continent. Mais quand on fait attention à la prodigieuse quantité de sel qui se consume depuis tant

64 LEÇONS DE PHYSIQUE

de siècles , & à l'insipidité de la terre, cette dernière supposition perd toute vraisemblance.

XII.

Leçon.

Il est vrai que les eaux qui retournent à la mer , paroissent insipides aussi ; mais ce qu'elles contiennent de sel , ne peut venir que de la consommation courante , ce qui est bien peu de chose , en comparaison de la quantité qui devroit se trouver dans la terre , si tout y restoit. Leur insipidité même n'en est point une absolument ; les personnes qui ont le goût délicat , savent bien faire la différence des eaux qu'ils boivent : les eaux courantes deviennent presque toutes laiteuses ou troubles , quand on les éprouve avec la dissolution d'argent ; & tout le monde trouve l'eau distillée sensiblement plus fade que celle qui ne l'est pas ; ce sont autant de raisons pour croire que l'eau commune , que nous appellons *douce* , ne l'est que par comparaison à l'eau de la mer , qui est beaucoup plus salée qu'elle.

Pour ne rien dissimuler ici de ce qu'on peut objecter contre l'opinion que je défends , je dois observer que tout le sel qui se consomme ne vient
point

point de la mer; on en tire beaucoup des mines d'Espagne, de Pologne, &c. & des puits salés de Franche-Comté, du Languedoc, &c. dont on fait que les sources ne viennent point de la mer: si les eaux courantes rapportent le sel à la mer, ces sels fossiles qui lui sont étrangers devroient augmenter sa salure: ainsi la raison que j'ai donnée pour faire voir que le sel de la mer ne doit pas diminuer, semble en être une pour croire qu'il doit augmenter; ce qui est également contredit par les observations.

Cette difficulté est fort grande; & je sens bien qu'elle pourroit devenir encore plus spécieuse, si elle se présentait avec un certain appareil de calculs dont elle est susceptible; mais on doit faire attention que tout le sel qui sort de la mer n'y rentre pas sans déchet, parce que la nature en emploie une quantité assez considérable à la nutrition des animaux, à la végétation des plantes, & généralement à la formation & à l'accroissement de tout ce qui augmente en masse & en volume, & qu'il en reste aussi dans la terre, pour y entretenir les

XII.
LEÇON.

66 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

mines de cette espee, ou pour en former de nouvelles: ainsi la mer reprend à peu-près la même quantité de sel qu'on en tire, parce que les eaux courantes y font rentrer une partie de celui qu'on fait dans les marais salants; & une partie de celui qui vient des mines: par ce moyen la salure demeure toujours égale, non à la rigueur, mais avec des plus & des moins dont ce système ne peut guere se passer, & qui se trouvent heureusement d'accord avec les expériences qui ont été faites en différents temps.

Les sels se mêlent assez facilement avec les matieres grasses auxquelles l'eau ne s'unit qu'avec beaucoup de peine; c'est pour cela que les lessives enlèvent si bien la crasse du linge & les parties huileuses qui ont pénétré les étoffes; car les molécules de l'eau armées, pour ainsi dire, des parties salines & aiguës de la cendre, entament & détachent la graisse, sur laquelle elles ne feroient que glisser, si elles étoient seules; & comme le bois flotté, ou qui à été trop long-temps dans l'eau, se trouve dépouillé d'une grande partie de son sel, la

cendre ne vaut rien pour les lessives, & l'on a raison de lui préférer celle du bois neuf.

XII.

Laçon.

L'union de l'eau avec les matieres grasses se fait encore bien plus facilement, lorsque le sel qui sert d'intermede se trouve déjà uni avec quelque huile; c'est pourquoi l'on fait, pour blanchir le linge, une espeece de pâte qu'on nomme *savon*, & qui est principalement composée d'huile, de suif, & de quelque matiere saline, comme la soude d'Alicante, la chaux vive, ou la cendre de chêne.

Il y a des eaux qui sont naturellement savoneuses par la nature du terrain où elles coulent, & qui, par cette raison, sont plus propres que d'autres à certains usages; on croit communément, par exemple, que la petite riviere des Gobelins, contribue beaucoup par la qualité de ses eaux, à la beauté des teintures qu'on admire dans les ouvrages de cette célèbre manufacture: mais on exagere souvent ces sortes de propriétés, en attribuant à la nature d'un pays un mérite qu'on voit avec jalousie tourner au profit de ceux qui y cultivent cer-

68 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. LEÇON.

ains arts avec distinction. (a)

Le desir de boire frais pendant les chaleurs, nous fait faire des provisions de glace qui se conserve d'une année à l'autre dans des especes de caves fermées de toutes parts, & impénétrables aux rayons du soleil; mais il y a des temps & des lieux où l'on n'a point cette commodité, soit parce qu'il n'y fait point assez froid pour convertir l'eau en glace, soit parce qu'on manque de glaciere pour la servir. La 6^e Expérience nous fournit un moyen d'y suppléer: il n'y a guere d'endroits où il n'y ait un puits ou quelque souterrain qui ait 25 ou 30 pieds de profondeur. A une telle distance de l'air extérieur, j'ai éprouvé plusieurs fois avec un thermometre, que la température, dans toutes les saisons de l'année, est à peu-près de 8 ou 10-degrés au-dessus du terme de la congélation; si l'on y descend

(a) Par ce correctif, je ne prétends point dire qu'il n'y ait dans certains terrains ou dans certaines eaux des propriétés qui les distinguent; il y a mille exemples qui le prouvent: mais je combats seulement l'abus que l'on fait de cette connoissance, en attribuant souvent à la nature ce qui est dû à l'art ou à l'industrie.

du sel armoniac dans un vaisseau bien fermé, & de l'eau dans une bouteille, que l'on tire l'un & l'autre une heure après, pour mêler ensemble une partie de sel contre quatre d'eau, ce mélange deviendra plus froid que la glace, & l'on y pourra faire également rafraîchir sa boisson. J'avoue que cette maniere de suppléer à la glace est un peu chere, car le sel armoniac vaut à peu-près 50 sols la livre ; mais on le retire avec très-peu de déchet, en faisant évaporer l'eau par le feu, ou autrement, & il est également bon pour le même usage. Voyez dans le volume de l'Académie des Sciences pour l'année 1756, un Mémoire, que j'ai donné, *sur la maniere de suppléer à l'usage de la glace*.

On peut encore, (mais ceci n'est que de pure curiosité) par la solution du sel armoniac, parvenir à un refroidissement capable de glacer de l'eau pure. Voici comment il faut procéder à cet effet. Prenez de l'eau la plus fraîche que vous pourrez avoir, du sel armoniac pulvérisé qui soit rafraîchi de même ; & placez-vous pour cette opération dans un lieu où il regne le

XII.
Eçon.

70 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

moins de chaleur qu'il sera possible ; faites un premier mélange selon la dose marquée ci-dessus, & en telle quantité que vous y puissiez faire refroidir dans deux vaisseaux séparés, environ 8 onces d'eau d'une part, & de l'autre 2 onces de sel armoniac en poudre, dont vous ferez ensuite un second mélange ; si vous y plongez pendant quelques minutes un petit tube de verre fort mince & rempli d'eau pure, vous le retirerez tout glacé ; cela vous réussira de même dans le premier mélange, si la saison vous permet d'avoir de l'eau qui n'ait que 5 à 6 degrés au-dessus du terme de la congélation.

S'il se trouvoit donc quelques couches ou quelques veines de terre, où il y eût une matière de la nature du sel armoniac, ou du nitre qui a la même propriété, l'eau qui y passeroit, & qui la mettroit en dissolution, ne se geleroit pas, mais elle pourroit faire geler l'eau des environs, dans un temps même où il ne geleroit point ailleurs. C'est ainsi qu'on avoit expliqué certaines merveilles qu'on débitoit touchant la grotte de Besançon ; mais

M. de Cossigny qui l'a examinée depuis avec toute l'attention dont on fait qu'il est capable, & avec le seul desir de découvrir la vérité, n'y a rien vu d'aussi extraordinaire qu'on l'avoit dit. L'explication dont on avoit fait les frais, ne sera pas perdue pour cela ; on dit qu'il se fait souvent dans les Indes des congélations qui ressemblent beaucoup à celles qu'on racontoit de la grotte de Besançon ; peut-être que dans la quantité il s'en trouvera quelque-une de réelle : en tout cas c'est un phénomène expliqué par avance, car s'il n'est pas, il est possible qu'il soit.

XII.
LEÇON.

SECONDE SECTION.

De l'Eau considérée dans l'état de vapeur.

LORSQU'un vase contient de l'eau plus chaude que l'air qui l'environne, le feu qui s'en exhale, emporte avec lui les parties de la surface qui se trouvent exposées à son choc ; ces petites masses ainsi détachées s'élèvent ou s'étendent, tant par l'impulsion

72 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

qu'elles ont reçue, que par la succion de l'air qui fait l'office d'une éponge; & elles forment cette espece de fumée qu'on nomme *vapeur*, & qui est d'autant plus épaisse qu'elle est reçue dans un air plus froid & plus capable de la condenser. C'est ainsi que nous voyons fumer en hiver, l'eau fraîchement tirée d'un puits: l'été nous n'appercevons pas le même effet; car lorsque la chaleur de l'atmosphère est plus grande que celle du puits, le feu, bien loin des'exhaler de l'eau, y entre au contraire; & quand il s'en élèveroit quelque vapeur, la chaleur qui regne dans l'air ne feroit que la subtiliser & la dérober à la vue.

Ce qui prouve bien que le départ des vapeurs est causé par l'impulsion du feu qui s'exale, c'est qu'elles suivent, en partant de la masse, la même route que lui. Car on fait qu'un corps chaud qui se refroidit dans l'air, transmet sa chaleur de toutes parts; & s'il est couvert d'un linge mouillé, la vapeur qu'il fait naître, s'étend aussi dans toutes sortes de directions.

La vapeur de l'eau n'est point une liqueur: c'est un fluide qui a quelques

ques propriétés particulières, & très-remarquables. Elle n'est pas sensiblement plus chaude que l'eau d'où elle sort, lorsqu'elle passe librement dans l'air de l'atmosphère; mais quand elle est retenue dans un vaisseau fermé de toutes parts, elle reçoit, comme l'eau, des degrés de chaleur, dont on n'a point encore osé essayer de trouver les bornes, à cause du danger auquel on s'expose en faisant ces sortes d'expériences. On fait déjà cependant que l'eau, ou sa vapeur, mise à l'épreuve du feu dans la marmite de Papin, devient assez chaude, pour fondre l'étain & le plomb, ce qui a fait dire à d'habiles Physiciens * que l'eau seroit peut-être capable de devenir aussi ardente que le cuivre ou le fer fondu.

XIII.
LEÇON.

* Boerhaave, *Elémens Chim. part. I. p. 327. Musch. Ess. de Phys. p. 434.*

Mais ce qu'on admire le plus dans la vapeur de l'eau, c'est sa prodigieuse dilatabilité qui surpasse incomparablement celle de l'air, & celle de l'eau; car nous avons fait voir précédemment que celle-ci ne se dilate que d' $\frac{1}{27}$ depuis le moment où elle cesse d'être glacée, jusqu'à celui où elle commence à bouillir, & nous avons

74 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. prouvé dans la dixième Leçon que ;
LEÇON. pour augmenter de deux tiers le volume de l'air, il falloit une chaleur capable d'amollir le verre ; mais l'expérience qui suit, prouvera qu'avec une chaleur bien moindre, l'eau réduite en vapeur prend un volume 13000 ou 14000 fois plus grand.

VII. EXPERIENCE.

PREPARATION.

Il faut faire choix d'une boule creuse de verre fort mince, garnie d'un tube, à peu près comme les verres des thermometres ordinaires ; y faire entrer une goutte d'eau, dont le volume par estimation, soit à celui de la boule, à peu près dans le rapport de 1 à 14000, ce qu'on trouve aisément par la comparaison des diametres. Il faut ensuite chauffer fortement cette boule, en la tournant doucement au-dessus d'un réchaud ardent, pour réduire la goutte d'eau en vapeur & tremper promptement le bout du tube dans un verre plein d'eau, que l'on aura purgée d'air. Voyez les Fig. 4. & 5.

E F F E T S.

XII.

LEÇON.

Quelques instans après cette immersion , l'eau monte précipitamment , & remplit presque entièrement la boule.

E X P L I C A T I O N S.

La goutte d'eau qui se dilate par l'action du feu , & qui s'étend en vapeur , chasse l'air qui est renfermé avec elle dans la boule ; mais lorsqu'elle vient à se refroidir , & à reprendre son premier volume , la place qu'elle n'y occupe plus , devient un vuide , où le poids de l'atmosphère qui pèse sur la surface du vase *G* , *Fig. 5.* fait monter subitement autant d'eau , qu'il en est sorti d'air.

Le volume d'eau qui s'élève ainsi , indique donc celui de l'air qui a été chassé , & celui-ci étant connu , montre le volume de la vapeur à qui il a fait place ; si l'eau qui monte occupe toute la boule , c'est une marque que cette boule avoit été remplie par la goutte d'eau réduite en vapeur , & si la boule est 14000 fois plus grosse que la goutte d'eau , il est évident que la

vapeur a pris un volume qui égaloit
14000 fois celui de la goutte.

XII.

LEÇON.

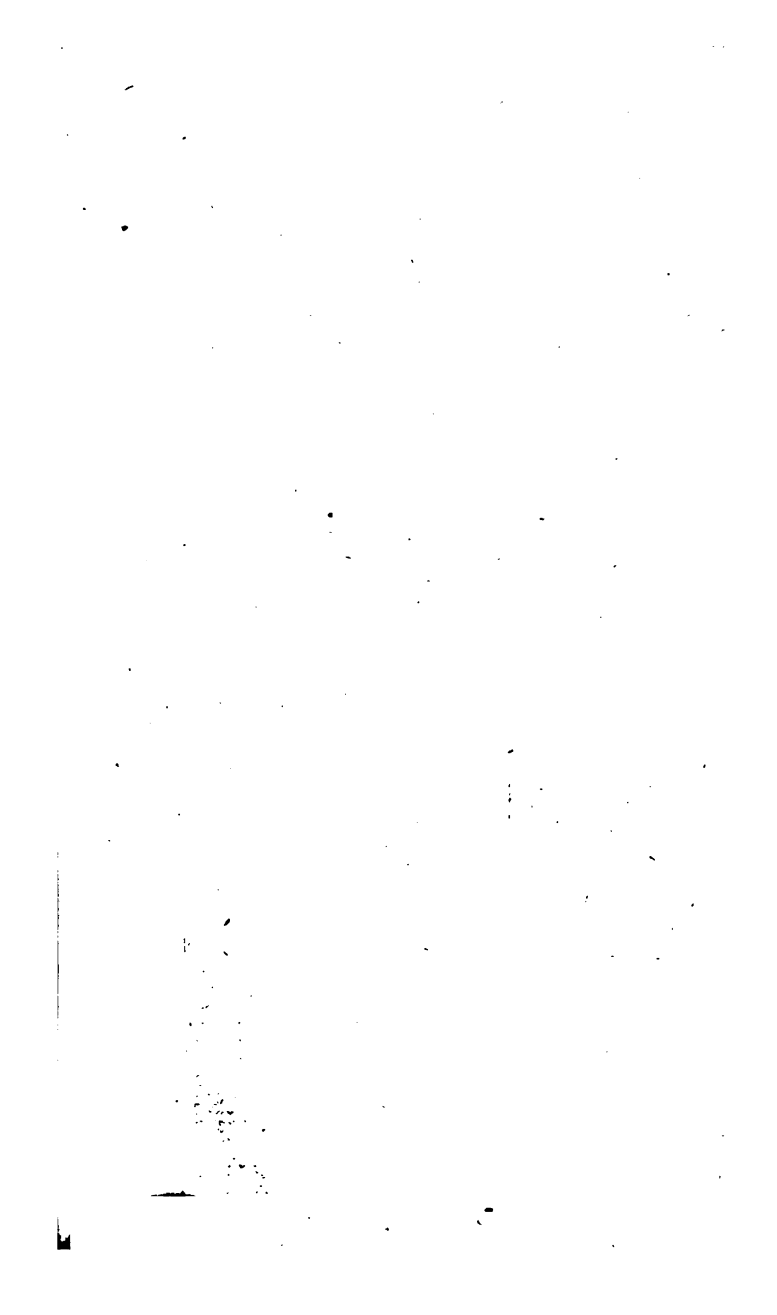
Cette expérience seroit fort délicate, s'il s'agissoit d'avoir exactement le rapport des volumes ; mais pour faire connoître que la vapeur de l'eau est prodigieusement dilatable, un à peu près tel que celui-ci est plus que suffisant.

Je me fers d'eau purgée d'air, pour plonger le tube & pour avoir un volume d'eau qui exprime celui de l'air qui est sorti de la boule ; sans cette précaution, dès que l'eau entre dans la boule vuide, elle se défait de son air, & ce fluide se tenant toujours au-dessus d'elle à cause de sa légèreté, remplit lui-même une partie de la place, & empêche qu'il n'entre dans la boule autant d'eau qu'il en est sorti d'air, lorsque la vapeur s'est dilatée.

APPLICATIONS.

En parlant de l'air dilaté par l'action du feu, & de l'usage qu'on peut faire de ce principe, pour remplir des vaisseaux dont l'orifice trop étroit ne permettoit pas qu'on se servît d'enton-





noir, j'ai dit qu'on ne pourroit par ce moyen remplir qu'imparfaitement les verres de thermometres, & que dans tous les cas où il faudroit que de pareils vaisseaux fussent entièrement pleins, on devoit avoir recours à un autre expédient que j'ai promis de faire connoître; c'est précisément celui par lequel j'ai fait sortir tout l'air de la boule de verre, dans l'expérience précédente; car, comme les vapeurs sont plus dilatables que l'air, si l'on fait d'abord entrer quelques gouttes de la liqueur dans le verre, & qu'on les convertisse en vapeurs; si l'on plonge aussitôt le tube dans l'esprit-de-vin préparé, le verre du thermometre sera bien-tôt plein. Car ce n'est pas seulement la vapeur de l'eau qui se dilate ainsi, toutes les autres matières solides ou liquides sont capables des mêmes effets, quand on les convertit en vapeurs; ainsi les thermometres qu'on fait avec du mercure, & dont les tubes sont capillaires, s'emplissent de la même façon; & si l'on vouloit en faire d'huile, on pourroit s'y prendre de même.

Quand la vapeur qu'on dilate n'a

78 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.
LEÇON. pas de quoi s'étendre, elle fait effort contre tout ce qui lui résiste, & cet effort peut vaincre des obstacles assez considérables.

VIII. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

H, Fig. 6. est une petite poire creuse de métal, dans laquelle on met un peu d'eau & dont l'orifice est fermé avec un petit bouchon de liége qui le remplit bien exactement, mais qui n'y est point poussé à force. Cette petite poire est montée sur un bâtis fort léger, au milieu duquel on a pratiqué une lampe d'esprit-de-vin, & le tout est mobile comme un petit charriot à trois roues : on place cet instrument sur un plan bien droit & uni, & l'on met le feu à la lampe pour échauffer la poire.

E F F E T S.

Quelques instants après qu'on a allumé la lampe, le bouchon de la poire saute avec éclat, la vapeur de l'eau sort impétueusement, & toute la machine recule en roulant.

EXPLICATION.

XII.

LEÇON.

Le feu qui échauffe la petite poire, fait bouillir le peu d'eau qu'elle contient, & la réduit en vapeur qui se dilate, & qui fait dans tout l'intérieur du vaisseau un effort semblable à celui d'un ressort qui tend à se débarrasser; lorsque cet effort augmente jusqu'à un certain point, il fait sauter le bouchon; la vapeur qui sort brusquement, pousse l'air avec plus de vitesse qu'il ne peut céder, & se trouvant par-là appuyée comme sur un point fixe qui ne tient point à la machine, elle porte son effort contre le fond de la poire qui lui obéit en reculant, parce qu'elle est portée sur un bâtis qui est mobile. C'est ainsi que se fait le recul des armes à feu; c'est aussi à peu près de même qu'une fusée s'élève lorsqu'on a mis le feu à la partie inférieure, comme je l'ai expliqué *, en parlant du choc des corps à ressort.

* Tom. I. p. 160. & suiv.

APPLICATIONS.

LORSQU'ON rafraîchit les canons après plusieurs coups tirés, il arrive quelquefois que l'écouvillon qu'on fait

80 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.
LEÇON. entrer dans la pièce, pour la mouiller ; est promptement & vigoureusement repoussé : c'est que le métal échauffé convertit en vapeur l'eau qu'on y porte, & quand l'écouvillon remplit trop exactement le calibre, cette vapeur dilatée le chasse dehors, avec une force supérieure à celle des Canonnières qui font ce service.

Quand un Cuissinier jette dans la friture, (sur-tout si elle est trop chaude), du poisson, ou quelques légumes humides, on entend pétiller pendant quelque temps, & l'huile bouillante saute quelquefois aux mains & au visage de ceux qui s'en tiennent trop près. Ces effets viennent de ce que les matières grasses prennent beaucoup plus de chaleur que l'eau n'en peut supporter sans s'évaporer ; lorsque les parties de celle-ci entrent dans la friture, elles sont d'abord transformées en vapeurs, qui se dilatent subitement, & qui font jaillir de toutes parts l'huile qui les enveloppe : & comme ces sortes d'explosions se font entre le fond de la poêle & l'air qui pèse dessus, l'une & l'autre en sont frappés, & retentissent avec éclat.

Mais ces accidents (qui pourroient pourtant devenir fâcheux) ne sont rien en comparaison de ceux auxquels s'expose un fondeur en coulant sa matière dans un moule qui n'est pas bien séché : combien de fois n'a-t-on pas vu manquer des entreprises considérables, & la fonte s'élever, ou se répandre comme un torrent de feu, au grand danger des spectateurs. Le plus souvent ces tristes effets viennent d'une vapeur humide, dilatée par le métal embrasé, qui creve les formes pour se faire jour, & qui chasse devant elle tout ce qui s'oppose à son passage.

Quelques Auteurs ont déjà dit que la force prodigieuse, que l'on est toujours surpris de voir dans la poudre à canon, ne vient point tant de l'air qu'elle contient, ou qui se trouve logé entre les grains, que de la grande dilatabilité de sa propre matière ; & ce sentiment me paroît très-plausible : car en effet quand le feu embrase une charge de poudre, qu'y fait-il autre chose, quel changement y apporte-t-il, sinon de convertir en vapeurs du soufre & du salpêtre, qui sont en consistance de solide ? mais ces va-

XII.
LEÇON.

82 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

peurs ne sont pas fitôt formées, que le même feu qui les a fait naître, continuant son action, les dilate autant qu'elles sont dilatables, ou autant que le peut permettre l'obstacle qui les retient par la durée de sa résistance; c'est donc en général au fluide embrasé qui se dilate, que ces prodigieux efforts doivent être attribués; mais l'air n'en fait qu'une partie de ce fluide, & ce n'est ni la plus grande ni la plus dilatable; il est donc vraisemblable que le plus grand effort ne vient pas de lui.

Ces petites ampoules de verre qu'on fait crever en les jetant au feu, sont beaucoup plus d'éclat, lorsqu'on joint quelques gouttes d'eau à l'air qu'elles renferment; car alors le verre ne pouvant point s'échauffer assez pour s'amollir, non-seulement il donne le temps à l'air de se dilater avec plus de force, comme on l'a dit, en parlant de l'action du feu sur ce fluide; mais la goutte d'eau se mettant en vapeur plus dilatable que l'air même, fait une éruption plus violente. Les œufs de poisson qu'on jette sur des charbons ardents, sont des pétards naturels à-peu-près de

cette espece, & qui crevent par la même raison : car c'est toujours une matiere renfermée sous une enveloppe dure & difficile à rompre, qui se dilate par l'action du feu.

Il parut en 1680 un petit ouvrage de M. Papin, alors Professeur de Mathématiques dans l'Université de Marbourg, touchant plusieurs nouvelles machines qu'il avoit inventées, & parmi lesquelles il proposoit la construction d'une nouvelle pompe, dont les pistons seroient mis en mouvement par la vapeur de l'eau bouillante, alternativement dilatée & condensée. Cette maniere d'élever l'eau, imaginée & publiée dès lors, fut proposée encore depuis, & même exécutée par M. Dalesme, qui fit voir en 1705 à l'Académie des Sciences une machine par laquelle il faisoit jaillir l'eau à une grande hauteur, sans employer d'autre puissance que le ressort de cette vapeur dilatée par le feu *. Enfin les Anglois usant de ce principe, & peut-être de l'application qu'on en avoit déjà faite, (car M. Papin étoit membre de la Société Royale, & son ouvrage étoit public), en firent une pompe qu'ils em-

XII.
LEÇON.

* Histoire
de l'Académie
des Sciences,
1705. p. 137.

ployerent avec succès dans les travaux publics, & que nous avons nous-mêmes imitée : c'est par le moyen de cette admirable machine, qu'on desseche les mines de Condé en Flandres : M. Belidor, dans son *Architecture Hydraulique*, fait une ample description de la maniere dont elle est construite, de ses usages, & de ses produits ; c'est-là qu'il la faut étudier pour en connoître toutes les parties & tous les avantages ; je me contenterai de faire voir ici seulement une application du principe, dans une machine toute simple, & sans pistons.

AB, *Fig. 7*, est une caisse plus longue que large, garnie de plomb par dedans, & remplie d'eau à-peu-près jusqu'à moitié. *CD* sont deux montants élevés sur la caisse pour soutenir une auge *E* qui est aussi doublée de plomb. *FG*, est un petit fourneau de métal dans lequel il y a une lampe d'esprit-de-vin & qui porte une bouilloire *HI*, qu'on emplit d'eau environ à moitié, par un trou qui est en haut, & qu'on ferme ensuite avec un bouchon à vis *K*, sous l'épaulement duquel on enferme des anneaux de papier mouillé. *LM*, est un cylindre de verre creux, garni haut

& bas d'un fond de métal qui s'applique avec des anneaux de carton interposés, pour empêcher toute communication du dedans au dehors, par les bords du verre; celui d'en bas *M* porte un tuyau ouvert de part & d'autre, dont un bout est plongé dans l'eau de la cuvette, & l'autre qui est garni d'une soupape, répond à la partie inférieure du cylindre de verre. Le fond d'en haut *L* porte un robinet dont la clef percée selon son axe, & selon un de ses rayons, fait communiquer le vaisseau cylindrique *LM*, que l'on emplit d'eau seulement pour la première fois, tantôt avec le canal *N* qui aboutit à la bouilloire, tantôt avec celui qui joint le tuyau montant *OP*.

La lampe étant donc allumée, dès que l'eau vient à bouillir, & que la vapeur est dilatée dans la partie supérieure de la bouilloire; si, tournant la clef du robinet, on la laisse passer dans le vaisseau *LM*, elle s'y étend, & en chasse toute l'eau qui y est, par le tuyau montant *OP*; alors si l'on tourne la clef du robinet, de manière qu'il y ait communication

86 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. **LEÇON.** entre la boîte cylindrique & le canal **Q** qui aboutit au tuyau montant, il y tombe quelques gouttes d'eau froide qui condensent la vapeur, c'est-à-dire qui la réduisent à un si petit volume, que le vaisseau peut être réputé vuide; aussi-tôt le poids de l'atmosphère qui agit par le trou **M** sur l'eau de la caisse, y porte de l'eau, & le remplit, comme nous avons vu qu'il est arrivé à la boule de verre de la septieme expérience; cette eau est chassée comme la premiere, dès qu'on laisse rentrer la vapeur, & cette vapeur fait encore place à de nouvelle eau, dès qu'on la condense, en retournant la clef pour emprunter quelques gouttes d'eau froide du tuyau montant. Par ces alternatives réitérées, on épuiserait la caisse, & l'on rempliroit l'auge d'en haut; mais pour faire durer le jeu de la machine plus long-temps, on a pratiqué un tuyau de décharge **RS**, qui ramene l'eau à sa premiere source.

Il y auroit du danger pour ceux qui sont occupés au service de ces sortes de pompes, s'ils se laissoient surprendre par une dilatation trop violente

des vapeurs ; c'est pourquoi l'on y pratique un petit soupirail *H*, sur lequel on met une soupape chargée d'un poids qui fait moins de résistance que la bouilloire n'est capable d'en faire ; afin que si la vapeur devient trop forte, elle trouve une issue qui la ralentisse, avant qu'elle puisse faire crever le vaisseau.

XII.
Leçon

On ne peut pas nier que la pompe à feu ne puisse être très-utile, & que son service ne soit fort sûr, puisqu'on en est convaincu par l'expérience même ; mais il en est d'elle comme de toutes les machines, qu'il faut toujours employer dans des circonstances convenables ; car souvent celle qui est bonne dans un cas, est mauvaise dans un autre. Les Anglois ont employé d'abord la pompe à feu dans leurs mines de charbon ; elle a réussi parfaitement, & on en continue l'usage : ils l'ont établie à Londres pour distribuer l'eau de la Tamise dans les différents quartiers de la Ville ; ils ont été obligés de l'abandonner : pourquoi cette différence ? C'est que cette machine dépense beaucoup en feu, & qu'elle enfume tous les environs ; ces

XII. deux inconvénients se souffrent aisément dans les lieux découverts où la fumée se dissipe, & dans des mines de charbon, où le feu ne coûte presque rien à entretenir; mais dans le centre d'une Capitale, cela est tout différent (a).

LEÇON.

Il y a toute apparence que Papin, qui paroît avoir imaginé le premier de faire servir la vapeur de l'eau comme un nouveau principe de mouvement, a été conduit à cette pensée, par l'usage de son *digesteur* dont j'ai fait mention ci-dessus; car toutes les fois qu'on lâche la vis qui arrête le couvercle, avant que le vaisseau soit suffisamment refroidi, la vapeur le chasse très-brusquement, & sort elle-même avec impétuosité. Mais l'effet de l'Eolipyle, si connu long-temps auparavant, auroit dû apprendre plutôt de quelle force est capable une vapeur dilatée, & ce qu'on peut attendre de son effort, si les Physiciens se copiant les uns les autres, ne se fus-

(a) J'ai appris depuis que cette machine avoit été rétablie: apparemment que les Entrepreneurs sont venus à bout de remédier aux inconvénients qui l'avoient fait abandonner.

sent

sest fait comme une habitude d'attri-
buer à la dilatation de l'air ce qui ap-
partient véritablement à celle de la
vapeur de l'eau, ou de la liqueur qu'on
fait bouillir dans cet instrument.

XII.

LEÇON.

On appelle *éolipyle*, une poire creuse
de métal, dont la queue *T*, est un
canal fort étroit; on y fait entrer en
la chauffant, comme on l'a dit en
plusieurs endroits ci-dessus, de l'eau
ou quelqu'autre liqueur qui remplisse
la moitié ou tout au plus les deux
tiers de sa capacité : on la place en-
suite comme une cafetiere sur des
charbons ardents, & l'on pousse le
feu jusqu'à ce qu'elle souffle violem-
ment par le petit canal de sa queue.
Voyez la Fig. 8. Ensuite on renverse
l'éolipyle, en continuant de la chauf-
fer avec le réchaud qu'on incline un
peu; & aussi-tôt la liqueur en sort en
forme de jet qui monte quelquefois
à la hauteur de 25 pieds. Si cette
liqueur est de l'eau-de-vie, on peut
rendre le spectacle plus agréable, en
présentant quelques pouces au-dessus
de la naissance du jet, un flambeau
allumé; car alors la liqueur s'enflam-
me & forme un jet de feu, *Fig. 9.*

90 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. Dans tout ceci, où est l'action de l'air? Est-ce dans ce premier soufflé qui devient si violent lorsque la liqueur commence à bouillir, *Fig. 8*? Pour se convaincre que ce n'est qu'une vapeur, il n'y a qu'à présenter un verre plein d'eau, de façon que l'orifice par où elle sort soit un peu plongé, & l'on verra qu'il n'en vient que très-peu, ou point de bulles d'air. Est-ce dans la sortie précipitée du jet, *Fig. 9*, comme si c'étoit l'effet de l'air qui se dilate dans la partie la plus élevée de l'instrument? Mais cet air est-il plus chaud alors qu'il n'étoit l'instant avant, lorsque la poire étoit droite? N'a-t-il pas pris toute sa dilatation, avant qu'on renverse l'instrument? Et s'il pouvoit se dilater encore, pourroit-on lui attribuer la violente éruption de la liqueur, quand on fait que le degré de chaleur qu'il a alors, ne peut augmenter son volume que d'un tiers, à commencer même d'un état au-dessous de celui qu'il a communément dans l'atmosphère, comme je l'ai prouvé dans la 10^e Leçon *? N'est-il pas bien plus vraisemblable, & comme démontré,

que la liqueur est chassée par sa propre vapeur, qui occupe la partie la plus élevée du vaisseau, parce qu'elle est plus légère, & qui la presse de sortir, parce que continuant de s'échauffer & de se dilater, elle tend toujours à s'étendre? je ne crois pas que cette explication puisse être contestée, après les expériences qu'on a vues précédemment.

Une des grandes vertus de l'eau, & que personne n'ignore, c'est qu'elle sert à éteindre le feu, pourvu cependant qu'elle ne soit pas convertie subitement en vapeur : car la vapeur mêlée à l'air est un milieu élastique, dans lequel les matières enflammées peuvent continuer de brûler, à moins qu'étant retenu par des obstacles, son ressort ne prenne un degré de tension trop considérable. On voit des preuves de cette restriction aux incendies qui naissent dans les lieux fermés, comme dans les caves, d'où la fumée, & en général les vapeurs, ne peuvent sortir librement; le feu, comme on sait, s'y étouffe de lui-même, ou n'y fait que des progrès fort lents. Mais quand l'eau qu'on

XII.
LEÇON.

 XII.
 LEÇON.

jetter sur le feu, est en suffisante quantité; qu'elle ne s'évapore pas sur le champ; en un mot quand elle subsiste plus long-temps en liqueur, que l'embrasement ne peut durer aux surfaces qu'elle touche, elle ne manque guere de produire l'extinction qu'on en attend. Car on doit considérer alors le corps enflammé, & l'eau dont on l'arrose, comme ne faisant qu'un. Mais ce liquide n'est susceptible en plein air que d'un certain degré de chaleur, beaucoup inférieur à celui qu'il faut pour brûler les autres corps; aucun mixte enduit d'eau ne peut donc rester enflammé, parce que l'eau avec laquelle il faudroit qu'il pût s'embraser, n'est point inflammable; il en est tout autrement des liqueurs grasses qui peuvent, avant que de s'évaporer, devenir assez chaudes pour brûler le bois, fondre l'étain, &c.

En 1721, il se répandit un bruit qu'en Allemagne, il y avoit quelques particuliers qui savoient éteindre les incendies, par le moyen d'une certaine poudre dont ils y jetoient un paquet. Quelle attention ne devoit-on pas donner à un secret aussi important !

Des paquets de cette poudre de-
 voient être des provisions qu'on
 pouvoit avoir & garder par-tout ,
 & qui devoient se porter bien plus
 aisément que de l'eau aux édifices les
 plus élevés , &c. Mais quelle défiance
 ne devoit-on point avoir aussi d'une
 merveille si singulière , & annoncée
 de loin ! aussi raisonna-t-on de cette
 nouvelle bien différemment. Ceux
 qui ne savoient rien des effets de la
 nature & de l'art , sinon qu'on exa-
 gere souvent par de fastueuses pro-
 messes les découvertes que fait l'es-
 prit humain en étudiant l'une , & en
 cultivant l'autre , n'en voulurent rien
 croire absolument ; les autres , qui en
 savoient assez pour douter , suspen-
 dirent leur jugement , & se mirent
 même en devoir de deviner le secret.
 L'affaire en étoit là en 1722 , lorsque
 deux Allemands vinrent en France ,
 pour y faire des expériences qui de-
 voient constater la réalité de ce qui
 avoit été annoncé à ce sujet dans les
 nouvelles publiques. On peut voir
 par un rapport bien circonstancié
 qu'en fit M. de Reaumur à l'Acadé-
 mie * , comment & en présence de

XII.

LEÇON.

* *Mém.*

94 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. qui elles furent faites, & jusqu'à quel point elles réussirent. Il me suffira de
LEÇON. dire ici que le secret consistoit à faire rouler ou glisser au milieu de l'em-
del'Acad.des brasement un tonneau plein d'eau, au
Scienc. 1722. centre duquel étoit une boîte de fer-
pag. 243. blanc qui contenoit quelques livres de poudre à canon. Le feu prenoit à cette poudre par le moyen d'une mèche & d'un tuyau, qui traversoient un des fonds de la barrique, & qui aboutissoient à la boîte de métal, l'explosion de la poudre faisoit tout crever, jetoit l'eau de toutes parts sur les matieres enflammées, & faisoit cesser la flamme.

On voit déjà par ce récit abrégé, combien il y avoit à rabattre de l'idée trop avantageuse que le bruit public auroit pu faire prendre de cette invention. Ce n'étoit plus un paquet qu'un homme pût jeter avec la main par-tout où le feu auroit pris : c'étoit un tonneau plein qu'il eût été assez difficile de porter à quelque édifice élevé : de l'aveu même de ceux qui avoient intérêt de faire valoir ce mystérieux tonneau, (car il fallut le deviner) ce moyen n'étoit efficace que

dans les lieux clos & de peu d'étendue ; & l'expérience fit voir à tous les spectateurs un peu intelligents , que tout ce qu'on en pouvoit attendre , s'étoit d'appaiser la flamme , & de rendre l'embrasement accessible , ce qui est encore un avantage assez considérable ; ainsi quoique cette invention n'ait point un mérite aussi étendu qu'on l'attendoit ou qu'on l'avoit promis , elle peut être employée avec succès dans plusieurs cas : & d'ailleurs on peut dire qu'elle est fort ingénieuse , puisqu'elle rassemble en elle toutes les manieres connues d'éteindre le feu ; une forte commotion qui divise la flamme , & qui la sépare de son aliment ; une raréfaction d'air qui suffiroit seule pour éteindre le feu , si elle duroit assez ; & une distribution bien ménagée de l'eau , qui attaque en même temps une très-grande quantité de surfaces , à-peu-près comme pourroit faire un arrosoir.

Les éruptions des volcans sont si terribles , les forces qui remuent ainsi les entrailles de la terre sont si fort au-dessus des mouvemens ordinaires dont

XII.
LEÇON.

XII.

LEÇON.

nous connoissons l'origine, que ces prodigieux effets nous paroissent toujours plus grands que les causes physiques auxquelles nous les attribuons : cette disproportion apparente, qui ôte toujours aux conjectures les plus raisonnables une grande partie de leur vraisemblance, ne viendrait-elle pas de ce que nous n'envisageons ces causes que par parties, lorsqu'il s'agit d'expliquer un effet qui est le produit de plusieurs ensemble ? Les matieres calcinées & les flammes que vomissent ces grands fourneaux, annoncent visiblement des fermentations & des effervescences, un embrasement souterrain. M. Amontons a prouvé d'ailleurs, que la force élastique de l'air dilaté par la chaleur, est d'autant plus grande, que ce fluide est plus comprimé. Dans ces bouleversements qui arrivent à certaines parties de notre globe, ne considérons donc pas seulement une fermentation qui prend feu, & qui fait bouillir, pour ainsi dire, les matieres sulfureuses & salines qui se font mêlées, mais encore des volumes d'air chargés d'une masse énorme, & qui tendent à se dilater avec d'autant plus

plus de force qu'ils sont plus retenus. A ces deux premieres causes, joignons-en une troisieme qui est encore plus puissante ; c'est la dilatation des vapeurs , non-seulement des matieres inflammables, mais encore de l'eau, qui peut se rencontrer dans le voisinage, & qui détermine peut-être par des écoulements accidentels ces éruptions qui arrivent de temps en temps. Cen'est qu'en considérant ainsi le concours de plusieurs causes connues, & en embrassant même la possibilité de plusieurs autres qui ne le sont point encore, qu'on peut ôter à ces grands effets l'idée de prodige, par laquelle ils s'annoncent depuis si long-temps. Voyez ce que j'ai observé au Vésuve depuis les premieres Editions de ce volume. *Mémoires de l'Académie des Sciences* 1750. p. 78.



III SECTION.

*De l'Eau considérée dans l'état de
Glace.*

Lorsque l'eau ne contient pas une quantité suffisante de cette matiere qu'on appelle *feu*, & qui est, comme nous l'avons dit, la cause générale de la fluidité des corps, ses parties se touchant de trop près, perdent leur mobilité respective, s'attachent les unes aux autres, & forment un corps solide, transparent, qu'on nomme *glace*, & ce passage d'un état à l'autre, s'appelle *congélation*. La glace, par conséquent, est plus froide que l'eau, & son froid augmente de plus en plus, si elle continue de perdre cette matiere déjà trop rare ou trop peu active pour la rendre liquide.

Les bornes que je me suis prescrites dans cet ouvrage, & la loi que je me suis faite d'y faire entrer par préférence tout ce qui regarde la partie expérimentale, ne me permettent pas d'entrer dans un plus long

détail, sur les causes physiques de la congélation & sur leurs différents progrès ; je m'en dispense avec d'autant moins de regret, que le lecteur y pourra suppléer amplement, en jettant les yeux sur une excellente dissertation que M. de Mairan a donnée sur cette matiere * ; tout ce que je pourrois entreprendre de mieux, ce seroit de l'extraire ; mais elle n'en est pas susceptible, parce qu'en disant tout, elle ne contient rien de trop. Je m'en tiendrai donc aux phénomènes les plus importants, & aux causes les plus prochaines, qui peuvent se prouver par des faits.

XII.
LEÇON.

* Dissertation sur la glace, ou explic. phys. &c. réimprimée avec beaucoup d'augmentations en 1749.

PREMIERE EXPERIENCE.

PRÉPARATION.

Il faut exposer à l'air, lorsqu'il gele, plusieurs petits vases cylindriques de verre mince pleins d'eau pure, *Fig. 10.* & observer attentivement ce qui s'y passe.

E F F E T S.

S'il ne gele que foiblement, on remarque d'abord une pellicule de glace

100 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

très-mince, qui se forme à la surface d'en haut qui touche immédiatement l'air, ensuite il part des parois du petit vase, des filets qui prennent différentes directions; & peu à peu il se forme d'autres filets qui joignent & qui coupent les premiers, faisant avec eux toutes sortes d'angles: enfin ces filets se multiplient & s'élargissent en forme de lames, qui augmentant elles-mêmes en nombre & en épaisseur, s'unissent toutes en un même corps. Ce cylindre de glace paroît assez plein & transparent, depuis sa surface extérieure, jusqu'à une certaine distance en dedans; mais dans l'axe, & aux environs, il est interrompu par une grande quantité de bulles d'air; & la surface d'en-haut qui s'étoit d'abord formée plane, se trouve élevée en bosse, & toute raboteuse.

Si la gelée est plus âpre, à peine a-t-on le temps d'observer ces filets & ces lames; tout se passe plus confusément: les bulles d'airs interrompent indifféremment toute la masse, & la rendent opaque; la superficie d'en-haut est fort inégale & convexe, & le verre se casse assez ordinairement.





Si l'on trempe pendant un instant le vase dans l'eau chaude, pour détacher & en ôter le cylindre de glace; cette glace jettée dans un vase plein d'eau froide y surnage toujours, ce qui marque incontestablement qu'elle est plus légère que l'eau.

XII.
LEÇON.

Quand on veut faire cette expérience dans une autre saison que l'hiver, on peut faire un froid artificiel, en mêlant du sel commun avec de la glace pilée dans un vaisseau, où l'on puisse plonger des tubes de verre mince remplis d'eau: on verra ci-après comment on peut régler les degrés de ce froid artificiel.

EXPLICATIONS.

Lorsqu'il gèle dans l'air, la matière du feu y est plus rare, ou moins en mouvement, que dans l'eau qui est encore liquide. Le petit vase cylindrique étant donc exposé à la gelée, le feu qui est dans l'eau s'évapore, & passe dans l'air qui l'environne, jusqu'à ce que ce fluide actif se trouve uniformément répandu dans l'un & dans l'autre; à peu près comme l'humidité d'un linge mouillé s'exhale.

XII.

LEÇON.

dans l'air qui le touche de toutes parts, jusqu'à ce que l'un & l'autre soient également secs; l'eau perd donc de son feu à proportion de ce qu'il en manque dans l'air environnant: or en hiver, quand il gele, il y a dans l'atmosphère une grande difette de feu; ou (ce qui revient au même,) le mouvement de ce fluide est fort ralenti; ce qu'il en reste dans l'eau en pareil cas ne suffit plus pour entretenir la mobilité de ses parties; elles retombent donc les unes sur les autres, & s'arrangent de diverses façons, selon que la matière qui les réunissoit s'évapore plus ou moins promptement, & de tel ou tel côté, plutôt que d'un autre.

Mais à mesure que les parties de l'eau s'approchent les unes des autres, leurs pores se rétrécissent, & l'air qui s'y trouvoit logé, & qui ne peut plus tenir dans ces interstices, dont la capacité diminue de plus en plus, se réunit en globules sensibles, & demeure enfermé dans la masse qui est déjà devenue solide. Outre ces globules d'air qu'on apperçoit à la vûe simple, si l'on examine la glace avec

une loupe de verre, on en distingue encore une infinité d'autres beaucoup plus petits & plus près les uns des autres.

XII.
LEÇON.

Cet air, tant qu'il n'a occupé que les pores de l'eau, c'est-à-dire, des places vuides ou comme telles, n'en augmentoit point le volume; mais sitôt qu'il se met en globules sensibles, il interrompra la continuité de la masse, & la rend plus grande. Voilà pourquoi la surface supérieure se tumésie, & devient convexe; & c'est pour cette raison aussi que le verre se casse, se trouvant trop étroit pour contenir l'eau convertie en glace.

L'augmentation de volume donne à la glace cette légèreté qui la fait sur-nager; car un corps est plus léger qu'un autre, lorsqu'à quantité égale de matiere, son volume est plus grand; ou (ce qui est la même chose) lorsqu'à volume égal, il contient moins de matiere: or le cylindre de glace est plus grand que l'eau dont il est formé, puisqu'il casse le verre, ne pouvant se contenir dans les mêmes dimensions: l'eau qui se gele devient donc plus légère, parce qu'elle augmente en volume.

 XII.
LEÇON.

Cependant ce seroit prendre une fausse idée de la glace, que de la regarder comme une eau dilatée, comme ont fait Galilée, & quelques autres Auteurs. MM. Huyghens, Homberg, de Mairan, Mariotte, & presque tous les Physiciens modernes qui ont étudié l'eau dans cet état, ont toujours cru qu'elle étoit condensée, & n'ont attribué l'augmentation de son volume qu'à l'air extravasé qui entre coupe la masse, & qui y forme comme des vuides, à peu près de la même manière qu'une pierre de meulière peut être plus légère qu'une pierre de liais de grandeur égale; non pas qu'en ce qu'elle a de plein, elle ne soit plus compacte, plus serrée, plus dure que celle-ci, mais parce qu'elle est interrompue par une infinité de cavités, qui contribuent à son volume sans augmenter son poids.

Tout ce qu'on pourroit désirer, pour appuyer cette explication, c'est qu'en faisant de la glace avec de l'eau purgée d'air; elle se trouvât alors aussi pesante que l'eau même: il paroît que M. Homberg en est venu à bout, par un procédé qui dura deux

ans*. J'ai tenté plusieurs fois de répéter cette expérience en moins de temps, ne voyant point de nécessité de la faire tant durer : j'avoue que je n'ai jamais pû obtenir le même résultat ; aussi n'ai-je jamais pû faire de glace qui ne contînt des bulles d'air, quelque soin que j'eusse pris d'en purger l'eau, en employant tous les moyens connus & toutes les précautions que j'ai pû imaginer ; mais j'ai fait plusieurs fois de la glace sensiblement plus pesante qu'elle n'a coutume de l'être, & cela doit suffire à quiconque n'a point un penchant déterminé pour un autre système.

Ce qui a fixé l'attention des Physiciens sur l'augmentation du volume de l'eau qui devient glace, c'est que ce phénomène est une exception à la loi générale ; car presque toutes les matieres qui perdent leur fluidité pour devenir solides, au lieu d'augmenter, diminuent de grandeur ; & la cause de cet effet se présente d'elle-même : un corps n'est fluide que par le mélange d'une matiere étrangere qui écarte ses parties, & qui les aide à rouler les unes sur les autres, com-

XII.

LEÇON.

* *Mém. de
l'Acad. des
Scienc. 1699.
tom. X. pag.
255.*

106 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. me nous l'avons dit en parlant des causes de la fluidité. Tant que cet état dure, le volume doit être plus grand ; mais si-tôt que cette matiere étrangere vient à sortir, les parties doivent se rapprocher , & le tout doit devenir plus petit , plus ferré , & spécifiquement plus pesant. La légèreté de la glace est donc une chose remarquable , & qui mérite d'être expliquée.

Cette exception n'est point la seule dans la nature. M. de Reaumur a déjà remarqué , que le fer fondu dans l'instant qu'il perd sa liquidité , augmente en volume ; & (ce qui en est une conséquence naturelle ,) que les ouvrages coulés de cette matiere , viennent ordinairement fort bien , parce qu'au lieu de s'écarter du moule comme les autres métaux , elle s'en approche au contraire en prenant la consistance de solide. Il attribue , avec beaucoup de vraisemblance , cette propriété du fer à un arrangement imparfait de ses parties , au moment qu'elles sont fixées par un refroidissement subit : comme il faut une extrême chaleur pour faire couler ce

métal, que le moindre froid lui fait perdre sa liquidité, ses parties hérissées les unes contre les autres, ne sont déjà plus en état de couler, quoiqu'elles aient encore assez de flexibilité, pour s'affaïsser peu à peu à mesure que le feu s'évapore, & que le mouvement se ralentit.

XII.
LEÇON.

Sans abandonner l'explication que nous avons donnée ci-dessus, ne pourroit-on pas soupçonner quelque chose de semblable dans l'eau qui se glace? Ce qui me porteroit à cette conjecture qui s'est déjà présentée à l'esprit de plusieurs Savants*, c'est que la congélation de l'eau comme celle du fer, est très-subite, & que l'augmentation de son volume est d'autant plus grande, que la glace se fait par un froid plus âpre. Si l'on demande pourquoi les autres matieres, qui suivent la loi générale, diminuent de grandeur en devenant des corps solides, on peut répondre, qu'elles perdent plus lentement leur fluidité; que leurs parties ont le temps de s'arranger en s'approchant les unes des autres; qu'elles contiennent moins d'air, ou que celui qu'elles contiennent ne se ras-

* M. de la Hire, mém. de l'Acad. des Scienc. avant 1700. tom. XI. p. 477.
M. de Maillet, Differt. sur la glace, p. 606.

XII.

LEÇON.

semble point en bulles capables d'interrompre la continuité de la masse.

M. Muschenbroek, qui a beaucoup travaillé sur la matiere que nous traitons présentement, prétend que le froid & la gélée sont deux choses tout-à-fait différentes; que l'un n'est qu'une simple privation du feu, au lieu que l'autre est l'effet d'une matiere saline répandue dans l'air, & qui venant à pénétrer l'eau, la coacule, & lie les parties de maniere qu'elles ne peuvent plus couler: « Ainsi » dit-il, l'eau qui se gele augmente » en volume, parce qu'elle est raré- » fiée par la pénétration de ces pe- » tits corps étrangers; & elle se dis- » sipe & s'évapore facilement, parce » que cette cause interne fait conti- » nuellement effort pour écarter les » parties de la masse ». Il faut voir dans les ouvrages mêmes * de M. Muschenbroek, sur quelles preuves il appuie son systême; je ne puis les rapporter ici dans toute leur étendue, & je craindrois de les affoiblir, si je n'en donnois qu'un extrait.

* *Comment.*
in tentam.
Exp. Acad.
del Cimen-
to. p. 183 &
seq.

Je souscrirois volontiers à cette opinion, s'il ne falloit, pour me

déterminer, que l'autorité d'un habile Maître; mais j'ai pris pour règle de ne rendre qu'à l'évidence, ou au plus vraisemblable, & je ne puis dissimuler que je n'ai trouvé ni l'un ni l'autre dans les raisons sur lesquelles se fonde M. Muschenbroek. Qu'il y ait dans l'air des parties nitreuses, & qu'il y en ait plus en hiver qu'en toute autre saison, c'est une pensée qui est venue à presque tous ceux qui ont raisonné sur la nature & sur les causes du froid. Mais s'ils ont soupçonné que ces matières salines pouvoient causer le refroidissement de l'atmosphère, je ne vois pas qu'aucun d'eux, excepté M. de la Hire *, ait jugé nécessaire de les faire passer dans l'eau pour la glacer; contents d'entrevoir la quelle manière l'air pouvoit se refroidir, ils ont cru qu'étant devenu froid, cet élément étoit bien capable en cet état d'ôter à l'eau le degré de chaleur qu'il faut pour couler; en tant ainsi avec retenue d'une cause dont l'existence est douteuse, ils ont révenu plusieurs difficultés auxquelles on s'engage à répondre, lorsqu'on embrasse, comme M. Muschenbroek,

XII.
LEÇON.

* Mem. de
l'Académie;
des Sciences,
avant 1699.
Tom. I X.
pag. 476.

110 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII, **LEÇON.**

l'opinion de M. de la Hire. L'expérience nous apprend, comme on le verra bientôt, que les matieres salines, quoiqu'elles aient la propriété de refroidir l'eau, la rendent cependant plus difficile à se glacer. Si l'on suppose donc que les parties *frigorifiques* ou *glacantes* sont salines, il faut encore supposer que ce sont des sels d'une nature toute particuliere, & tels qu'on ne les puisse comparer à aucun de ceux qui sont connus; ainsi ce ne sera plus ce *nitre aérien* que plusieurs Savants ont admis, & qui voltige, dit-on, plus abondamment au-dessus des terrains qui en contiennent davantage; car le salpêtre, & tous les sels fossiles que nous connoissons, étant mêlés avec l'eau, ne font que retarder sa congélation, au lieu de la coaguler.

Dans les plus grandes chaleurs de l'été, on fait de la glace qui ressemble parfaitement à celle que la gelée fait en hiver. Y a-t-il donc alors des parties frigorigenes en l'air? ou bien si elles sont dans le mélange de sel & de glace dont on se sert pour opérer ces congélations artificielles, pour-

EXPÉRIMENTALH. III

quoi ce mélange même se fond-il en devenant plus froid ?

XII.

Si ce sont ces parties salines qui augmentent le volume de la glace, en dilatant l'eau qu'elles pénètrent, pourquoi font-elles un effet tout contraire sur les vaisseaux de verre ou de métal, par lesquels elles sont obligées de passer ? car on sait que la glace condense les matières les plus dures : il seroit bien singulier qu'il n'y eût que l'eau dont elles fussent capables d'écarter les parties.

Comment se peut-il faire encore que cette matière étrangère, à qui l'on attribue la propriété de lier les parties de l'eau entr'elles, & qui, pour me servir des termes de M. Muschenbroek, ou de son Traducteur, * fait à leur égard l'office de *colle* ; comment, dis-je, cette matière peut-elle être en même temps la cause de la prompte évaporation de la glace ? Comment peut-elle fixer un fluide, dont elle tend à dissiper les parties ?

* *Essais de Physique*, p. 453.

Enfin ces parties frigorifiques qui sont d'une nature saline, comment ne font-elles pas perdre à l'eau son insipidité naturelle ? On ne peut pas dire

112 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. qu'elles y soient en trop petite quantité ; puisque la glace est communément d'un $\frac{1}{19}$ * & selon Boyle, d'un $\frac{1}{15}$ plus grande que le volume d'eau dont elle est formée ; il faut non-seulement que cette matiere étrangere en occupe les pores , mais encore un espace assez considérable dans la masse ; est-ce donc un sel insipide ? autant vaudroit dire un sel qui n'en est point un ; & alors sous quelle idée se présentera-t-il , pour avoir la propriété de s'insinuer , d'entamer , d'écarter les parties de l'eau , & de se loger dans la masse ?

LEÇON.
* M. de
Mairan ,
Differt. sur
la glace , p.
617.

Dans les expériences de l'Académie *del Cimento* , on en trouve une qui est très-favorable à l'opinion que je viens de combattre. La liqueur du thermometre a paru baisser au foyer d'un miroir ardent , exposé vis-à-vis d'un tas de glace , pesant 500 livres. « Il y a donc des rayons » de froid positifs , & capables d'être réfléchis ; la congélation de l'eau » ne vient donc pas d'une simple privation ou diminution de chaleur. » Voilà l'argument qu'en ont tiré ceux qui ont adopté , & qui ont voulu faire

faire valoir le sentiment de MM. de la Hire & Muschenbroek ; mais pour quoi ces deux Auteurs ont-ils manqué à citer cette expérience, comme une preuve de leur système, le dernier sur-tout qui a traduit & commenté l'ouvrage où elle se trouve écrite ? En voici je pense, la raison : c'est qu'au même endroit du texte * , où il en est fait mention , on lit que le résultat en parut douteux, & qu'elle n'a point été faite avec assez de précaution & de soin pour mériter qu'on y ajoute foi : *Non enim ea omnia fecimus quæ necessaria forent, ad hoc experimentum ita confirmandum, ut fides eidem haberi possit.*

XII.
LEÇON.

* *Experim.*
IX. circa
glaciem na-
turalem.

Une autre raison de cette omission qu'on peut bien présumer encore, & qui est plus forte que la première, c'est qu'un Physicien aussi zélé & aussi laborieux que l'étoit feu M. Muschenbroek, n'aura pas manqué de répéter cette expérience, qui doit paroître très curieuse & importante; & s'il en a pris la peine, comme il est vraisemblable, il aura été convaincu par le fait même, comme je l'ai été plusieurs fois pendant les hivers de

114 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. 1740 & 1742, que le miroir concave ne fait en pareil cas que ce que
LEÇON. pourroit faire tout autre obstacle, de quelque figure qu'il fût, c'est-à-dire, arrêter entre la glace & lui une masse d'air qui se refroidit simplement par communication, si elle n'est point d'abord aussi froide que la glace. Ainsi ou la liqueur du thermometre placé entre le miroir & la glace ne baisse point; ou si elle baisse, cet effet arrive indifféremment lorsque l'instrument est par-tout ailleurs qu'au foyer.

A P P L I C A T I O N S.

Un des plus communs effets de la gelée, est de faire casser les vaisseaux qui se trouvent remplis d'eau: s'ils ne sont pas bouchés, que leur ouverture soit un peu grande, la glace commence par la superficie qui touche l'air extérieur; l'eau qui est sous cette première couche se trouve alors renfermée de toutes parts, & en devenant glace elle ne peut plus s'étendre qu'en écartant les parois, ou en les rompant, s'ils ne sont point d'une matière assez extensible: ainsi les vases de verre, de fayence, & même

de fer fondu, soutiennent rarement cette épreuve, & c'est une sage précaution que de les tenir vuides pendant la gelée.

XII.
LEÇON.

Cet effort de l'eau qui se gele est prodigieux ; on voit par une expérience de M. Huyghens, qui a été répétée depuis par plusieurs personnes, qu'il est capable de faire crever un canon de mousquet. Boyle ayant fait geler de l'eau dans un vaisseau cylindrique de cuivre qui avoit environ 3 pouces de diametre, trouva que ce petit volume en se glaçant, soulevoit un poids de 74 livres. Mais avant lui les Académiciens de Florence avoient déjà éprouvé par des procédés plus ingénieux, de quelle épaisseur devoit être un vaisseau cylindrique de cuivre, pour résister à la force expansive de la glace ; & M. Muschenbroek, qui a savamment commenté leurs expériences ; jugeant de la valeur de cet effort, par la résistance du métal, estime qu'il équivaut à un poids de 27720 livres ; ce qui est presqu'incroyable.

Il ne faut donc plus s'étonner de voir que la gelée souleve le pavé des

XII.
LEÇON.

rues, qu'elle fasse fendre les pierres & les arbres, qu'elle creve les tuyaux des fontaines, quand on n'a point la precaution de les tenir vuides, &c. Car par-tout où l'eau se trouve, dès qu'elle devient glace, elle fait effort pour s'étendre, & les plus grands obstacles ne sont pas capables de l'en empêcher. Mais il faut observer, que la plupart de ces effets n'arriuent point par une gelée qui a été précédée d'un temps sec, mais plutôt après un faux dégel, ou bien après une longue ou abondante humidité; car ce n'est que dans ces dernieres circonstances que les corps les plus poreux se trouvent pénétrés d'eau. On peut remarquer encore que le marbre, les cailloux, le verre, & généralement tout ce qui ne devient point intérieurement humide, ne se fend point à la gelée comme la pierre tendre où les parties de l'eau s'insinuent aisément, & deviennent en se glaçant, comme autant de petits balons qui s'enflent, & soulèvent les feuillets ou les couches qui les couvrent.

M. Homberg cherchant la cause de cette force énorme avec laquelle l'eau

s'étend en devenant glace, crut la ~~trouver~~
trouver dans le nouvel état de l'air. XII.
qui se rassemble par bulles dans la ~~masse~~ LEÇON.
masse; ce savant Physicien fait à cet
égard une remarque très-judicieuse :
« Les particules d'air, dit-il, qui sont
» logées dans les pores de l'eau, y
» sont pressées & retenues avec plus
» de force, étant ainsi divisées, qu'el-
» les ne le sont après leur réunion ;
» car comme elles présentent beau-
» coup plus de surface au liquide am-
» biant, la somme de toutes les pres-
» sions qu'elles ont à soutenir sépa-
» rément, surpasse aussi de beaucoup
» le poids dont est chargée une bulle
» d'air composée de toutes ces par-
» ticules réunies ». D'où il conclut
que l'air, dont l'eau se dessaisit en
se glaçant, & qui demeure renfermé
dans la masse, exerce plus librement
son ressort; qu'il doit par conséquent
s'étendre, & augmenter, avec toute
la force qui lui est rendue, le volume
dont il fait partie.

Le raisonnement de M. Homberg,
fondé sur les loix de l'Hydrostatique,
& sur la connoissance que nous avons
des propriétés de l'air, conclut assez

118 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. bien que ce fluide, à mesure qu'il se
LEÇON. dégage des pores de l'eau, en doit
étendre le volume par son ressort devenu plus libre : mais que cette nouvelle force, dont il commence à jouir alors, soit capable de vaincre des obstacles tels que ceux dont j'ai fait mention, voilà ce que j'ai peine à comprendre ; car lorsque la glace est formée, le ressort de l'air qu'elle renferme est-il entièrement détendu, ou ne l'est-il pas ? les uns prétendent que oui, les autres soutiennent le contraire ; & opposant expérience à expérience, ceux-ci assurent, (& il m'a semblé voir la même chose,) que si l'on perce la glace pour donner du jour aux bulles d'air, ce fluide marque en s'échappant avec précipitation, que son ressort y étoit contraint : mais le degré de vitesse avec lequel il sort, ne répond point aux effets que produit l'eau qui se gele, par son expansion. D'un autre côté, si l'air qu'on voit dans la glace est revenu à la même densité que celui de l'atmosphère, que peut-on donc attribuer au ressort qu'il a acquis en se rassemblant en bulles ? C'est tout au

plus d'avoir contribué à une augmentation de volume qui n'excede pas la dix-neuvieme partie du tout. Je dis d'avoir contribué ; car le volume de l'eau qui se gele doit augmenter par la seule raison que l'air se rassemble en bulles , comme nous l'avons dit dans les explications précédentes.

XII.
LEÇON.

Pour dire ce que j'en pense ; je ne rejette point cette cause ; elle pourroit bien avoir quelque part à l'augmentation du volume de la glace : mais je ne crois pas que ce soit là la principale ; & voici comment je croirois pouvoir rendre raison de la force presque invincible avec laquelle se fait cette expansion.

L'air rassemblé en bulles est incontestablement la cause immédiate de l'augmentation du volume , puisque sans l'interruption qu'il cause dans la masse , l'eau se contiendrait dans un moindre espace ; & les choses doivent être ainsi , quand même cet air ne feroit aucun effort pour s'étendre. Mais il se rassemble d'autant plus d'air en bulles , qu'il en sort davantage des pores où il est naturellement logé : l'expansion du volume vient donc

XII. originairement de la cause, (telle qu'elle puisse être,) qui rétrécit les pores de l'eau, & qui la condense :

Leçon. or celle qui condense l'eau, & qui la rend un corps dur ; est sans doute la même qui durcit les autres matieres, lorsqu'une cause interne cesse d'entretenir leur fluidité ; & nous savons par mille exemples familiers avec quelle puissance elle agit : comme la condensation de l'eau est plus forte & plus prompte, quand le froid est plus âpre, en pareil cas la glace doit être plus remplie de bulles d'air, avoir un plus grand volume, * & être capable d'un plus grand effort ; ce qui s'accorde parfaitement avec l'expérience.

Quand les rivières ou les étangs se gèlent, la glace commence toujours par la superficie de l'eau, quoi qu'en dise un Auteur célèbre, qui a été trompé, sans doute, par le témoignage unanime des bateliers, des meuniers, & généralement de tous les ouvriers qui travaillent sur les eaux courantes. Ces sortes de gens soutiennent opiniâtrément que la glace se forme d'abord au fond de l'eau, & qu'elle surnage ensuite. L'unanimité d'erreur,

d'erreur , parmi des gens qui sont à portée de voir les mêmes choses , m'a fait soupçonner , que quelque fait mal interprété y donnoit occasion ; & véritablement en examinant la chose de près , j'ai vu ce qui peut faire prendre le change à des gens sans principes , & qui s'en tiennent aux premières apparences. Quand une riviere est prise par la gelée , si l'on en coupe un glaçon , à quelque distance du bord , & qu'on l'enleve un instant après , on voit paroître à l'embouchure du trou une masse de glace imparfaite , comme spongieuse , remplie de terre ou d'autres saletés , & que les gens de riviere appellent *Bouzin* ; on seroit tenté de croire qu'elles élèvent du fond , si l'on ne savoit pas que le froid qui fait glacer vient de l'atmosphère , & que cette cause ne peut avoir son effet au fond de l'eau , sans avoir fait geler auparavant toute celle qui est au-dessus. Mais quand même on ignorerait ce principe , il suffit de sonder le fond , où l'on ne trouve jamais de glace , & où la terre est le plus souvent d'une autre couleur que celle dont le bouzin est rempli ; d'ailleurs

XII.
LEÇON.

122. LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. cette saleté qui en impose, ne se trouve pas dans les glaçons qui ont 5 à 6
LEÇON. pouces d'épaisseur, comme elle devroit y être cependant, s'ils venoient du fond.

Pour savoir la vraie origine de cette sorte de glace, il faut observer que la gelée fait prendre les eaux courantes tout autrement que celles qu'on nomme dormantes; & que la glace des unes differe beaucoup de celle des autres par sa dureté, sa couleur, sa transparence: quand le froid agit sur une eau tranquille, il se communique uniformément d'une couche à l'autre: les parties se lient également, & l'air qui s'en échappe, gagnant toujours le dessous, en interrompt moins la continuité: ainsi cette glace est communément la plus dure, la plus unie, la plus claire, & d'une couleur plus semblable à celle de l'eau. Il n'en est pas de même des glaçons qu'on voit flotter sur les rivières, lorsqu'elles charient: ils sont plus opaques, d'une couleur blanchâtre; ils ont moins de consistance; le dessous & les bords sont chargés d'une épaisseur assez considérable de bouzin,

C'est une erreur de croire que ces glaçons flottants soient détachés des bords, ou par la chaleur du soleil, ou par les soins de quelques meûniers qui rompent en certains endroits la glace qui les incommode ; car la riviere charie la nuit comme le jour ; & la grande quantité de glaçons dont elle est continuellement couverte, ne peut point être regardée comme l'ouvrage d'un petit nombre de particuliers. Mais voici ce qui arrive.

Quand la gelée est assez forte, non-seulement l'eau se glace aux bords & dans les anses où elle n'est point agitée par le courant, mais aussi dans les endroits où ces parties n'ont aucune vitesse respective, c'est-à-dire, où elles n'ont qu'un mouvement commun, qui ne les déplace point les unes à l'égard des autres ; ce sont ces endroits qu'on nomme *Miroirs*, qu'on voit communément aux grandes rivieres, où l'eau semble être dormante, parce qu'on n'y apperçoit point de flots. Lors donc que la superficie d'un de ces miroirs est prise, il en résulte un glaçon isolé, qui suivant le courant, donne lieu à un autre de se former après lui.

XII.
LEÇON. dans la même place. Mais comme ces glaçons sont d'abord très-minces, il n'y en a qu'une partie qui se conservent entiers, ou dont les fragments restent d'une certaine grandeur: les autres sont brisés & comme broyés par mille accidents; de sorte que la rivière est couverte en partie de grands glaçons qu'elle charie gravement, & en partie de ces petits fragments, qui flottent au gré de l'eau, que le moindre obstacle arrête, ou qui sont poussés sous la glace qui tient au rivage. De-là il arrive deux choses,

I ment. Comme les grands morceaux de glace conservent plus de vitesse que les petits, ceux-ci continuellement exposés à la rencontre des premiers, s'amassent à leurs bords, & y forment comme une croûte qui s'élève au-dessus du plan; ou bien passant dessous, & s'y arrêtant par le frottement, ils s'y sont fixés par la gélée, & ils augmentent l'épaisseur du grand glaçon. De-là vient que ces glaces flottantes sont d'une couleur blanchâtre & opaque, & qu'elles sont moins dures que celles des eaux dormantes, parce qu'elles sont faites,

EXPÉRIMENTALE. 125

pour la plus grande partie, de toutes ces pieces mal jointes, & qui renferment entr'elles, ou beaucoup d'air, ou d'autres matieres qui s'y sont mêlées pendant qu'elles flottoient.

XII.

LEÇON.

²^{ment.} Quand ces petits fragments sont chassés sous la glace qui tient au rivage, ils ne s'attachent ensemble que fort imparfaitement, parce que le degré de froid qui y regne, est à peine capable de geler. De-là vient ce bouzin dont nous avons parlé ci-dessus, qui n'est qu'une glace spongieuse, qui a peu de consistance, & qu'on trouve toujours sale, parce qu'en obéissant au fil de l'eau sous la grande glace, elle a souvent touché le fond, & s'est chargée de sable, d'herbes, & généralement de tout ce qui a pu s'y attacher.

Pour revenir à notre premier fait, si l'on enleve donc un morceau de la grande glace sous laquelle est le bouzin; celui-ci ne manque pas de s'en détacher par son propre poids; sa chute le porte un peu avant dans l'eau, & un instant après, lorsqu'il remonte à la surface, il semble qu'il vient du fond; & ceux qui ne por-

XII. tent point leurs réflexions au-delà de cette première apparence, s'imaginent qu'il y est formé.

LEÇON.

Le milieu d'une grande rivière, ce qu'on appelle *le fil de l'eau*, où il y a toujours des flots, ne se glace point par lui-même, parce que son mouvement étant irrégulier, & se faisant comme par sauts, les parties qui doivent s'unir & s'attacher, ne sont jamais deux instants de suite à côté les unes des autres; & la gelée n'a point le temps de le fixer. Une grande rivière ne se prend donc entièrement que quand les arches d'un pont, ou quelque autre obstacle arrête les glaçons qu'elle charie, & leur donne occasion de se joindre, & de se souder, pour ainsi dire, l'un à l'autre. C'est pour cela que la glace d'une rivière entièrement prise n'est point unie comme celle d'un étang, & qu'on y voit communément des piles de glaçons amoncelés les uns sur les autres.

Ces fortes d'engorgements n'arrivent point, quand les glaçons flottants sont moins nombreux, parce qu'ils ont le temps de s'écouler, ce qui entretient libres les passages les plus

étroits; & les rivières n'en charient jamais moins que pendant les gelées qui tiennent des deux extrêmes; c'est-à-dire, quand il gele foiblement, ou bien quand il fait un froid excessif. On conçoit de reste pourquoi l'on voit flotter moins de glaçons lorsqu'il gele peu; mais que le froid le plus âpre puisse avoir le même effet, c'est un paradoxe qu'il faut expliquer.

Les glaçons qui flottent quittent les miroirs où ils ont été formés, & sont emportés par le courant, parce que ces places sont séparées du rivage ou des glaces qui le bordent, par des filets d'eau dont le mouvement un peu moins régulier ne donne point prise au même degré de froid; mais cette raison ne subsiste plus, dès qu'il gele assez fort pour faire glacer non-seulement le miroir, mais aussi le filet d'eau qui le sépare du rivage; car alors l'un & l'autre ne font qu'une même glace qui demeure fixe. Ainsi quand le froid vient à augmenter jusqu'à un certain degré, au lieu de multiplier les glaçons flottants, il en diminue le nombre, parce qu'il arrête beaucoup de ceux qui auroient flotté par un moindre froid.

L iv

XII. C'est ainsi qu'on peut expliquer un fait qui parut fort singulier dans le temps qu'on l'observa, & qui le paroît encore tellement aujourd'hui, que bien des gens refusent de le croire, quoiqu'il soit bien attesté. Pendant l'hiver de 1709, la Seine ne fut point entièrement prise; il y eut toujours un courant découvert entre le Pont-neuf & le Pont-royal; & l'on fait cependant que cette rivière se gele communément par un froid de 8 ou 10 degrés, plus foible par conséquent que celui de 1709, qui fut de 15 deg. $\frac{1}{2}$. Il est singulier de pouvoir dire en pareil cas: la rivière ne se glace point tout-à-fait, parce qu'il fait trop froid.

Le froid fait glacer non-seulement l'eau commune, mais encore toutes les liqueurs qui tiennent de sa nature, & généralement toutes les matieres où elles se rencontrent en suffisante quantité: cependant selon la quantité ou la qualité des substances qui sont mêlées avec l'eau, sa congélation est accompagnée de circonstances différentes, que nous aurons lieu d'observer dans l'expérience suivante.

II. EXPÉRIENCE.

XII.

PRÉPARATION.

LEÇON.

Il faut exposer en plein air, pendant une forte gelée, ou bien plonger dans un mélange de glace & de sel, trois tubes de verre mince de 7 à 8 lignes de diamètre, fermés par un bout, & remplis l'un d'eau pure, l'autre de vin rouge, & le troisième d'eau dans laquelle on aura fait dissoudre une pincée de sel commun. On doit observer de minute en minute ce qui se passe dans ces liqueurs, & examiner ensuite la glace de chacune, après l'avoir ôtée de son tube.

E F F E T S.

1°. L'eau pure se convertit en glace avant les deux autres liqueurs; & cette glace toujours la plus dure & la plus solide des trois ne se trouve interrompue que par des bulles d'air.

2°. La glace d'eau salée est plus long-temps à se former, elle est moins dure, & plus chargée de sel au centre que vers l'extérieur.

3°. Le vin glacé se leve par feuil-

XII.
LEÇON.

lets assez semblables à des pelures d'oignon : les premières de ces couches sont insipides & plus dures que celles qui sont dessous ; & le centre est occupé par une liqueur qui est fort spiritueuse.

EXPLICATIONS.

La congélation de l'eau n'étant qu'une union plus intime, & une fixation de ses parties occasionnée par l'absence du feu, qui les tenoit auparavant plus écartées les unes des autres, & mobiles entr'elles ; cet effet doit être plus prompt & plus complet dans l'eau pure que dans toute autre, parce qu'il n'y a rien qui supplée à la matière du feu, pour empêcher que les parties ne s'approchent ; & l'on doit présumer que la glace d'une eau tellement purgée de toute matière étrangère, qu'elle ne contînt pas même d'air, se feroit plus vite, & deviendroit plus dure que toute autre.

Par la raison du contraire, l'eau salée se gele plus difficilement ; car les parties de sel s'opposent à l'union de celles de l'eau ; comme celles-ci em-

pêchent le sel de se durcir tant qu'il est mouillé intérieurement : les particules salines cedent enfin à la force qui condense l'eau , & qui en rétrécit les pores ; & elles entrent dans la portion qui est encore liquide à mesure qu'elles sont forcées d'abandonner celle qui devient solide : c'est pour cela que cette glace n'a point une sa-
lûre égale par-tout , & que le milieu trop chargé de sel ne se gele point , ou ne prend que très-peu de consis-
tance.

XII.

LEÇON.

Le vin est une liqueur mixte qui contient un peu d'esprit & beaucoup de flegme. Or de ces deux parties , il n'y a que la dernière qui soit de la nature de l'eau , & qui puisse se geler comme elle : c'est pourquoi à mesure que la gelée réunit les parties aqueuses , & qu'elle les lie ensemble , ce qu'il y a de spiritueux entr'elles se déplace , forme une couche de liqueur qui sépare cette première glace d'une autre qui se fait plus avant , à mesure que le froid pénètre. Ainsi la partie spiritueuse étant concentrée de plus en plus , se trouve si abondante vers le milieu , que le peu de

flegme qu'elle peut contenir encore,
 XII. ne peut plus se glacer.

LEÇON.

APPLICATIONS.

L'EXPÉRIENCE que l'on vient de voir, nous apprend donc en général, que l'eau se gele d'autant plus vite & d'autant plus solidement, qu'elle est moins mêlée avec des matieres capables d'empêcher l'union & la cohérence de ses parties: ainsi l'eau de la mer, à cause du sel qu'elle contient, ne se géleroit point s'il ne faisoit qu'un degré de froid, capable seulement de glacer les eaux douces; les mers du Nord se gèlent très-profondément, parce qu'elles sont exposées à un froid d'une plus longue durée, & d'une plus grande âpreté que celles des autres climats; c'est-là sans doute la principale cause de leur congélation; mais on peut ajouter encore, que leurs eaux sont communément moins chargées de sel. La boue des rues lorsque la gelée commence, est toujours moins dure que la glace, parce que l'eau s'y trouve mêlée avec une grande quantité de terre qui rend sa congélation plus difficile.

Les crèmes & les liqueurs glacées qu'on sert sur les tables, sont toujours chargées de sucre, ou bien elles sont spiritueuses; & c'est une des raisons pour lesquelles on ne peut les faire prendre, que par un degré de froid beaucoup plus grand, que celui qui suffiroit pour la congélation de l'eau commune : & comme ces liqueurs portent plus ou moins de sucre les unes que les autres; que celles-ci sont moins spiritueuses, celles-là davantage, il arrive que quand on ne pousse point leur refroidissement au-delà de la simple congélation, il y en a qui sont sensiblement plus froides les unes que les autres, quoique chacune d'elles n'ait que le degré qui lui faut pour être glacée.

Il est passé en usage, parmi les Physiciens, de regarder comme un terme fixe le degré de froid qui est nécessaire, & qui suffit pour geler l'eau. M. de Reaumur l'a marqué par zéro aux thermometres comparables dont il nous a donné la construction; & il part de-là pour compter les degrés de dilatation ou de chaud en montant, & ceux de condensation

XII.

LEÇON.

XII.

LEÇON.

ou de froid en descendant. En effet ; en quelque temps & en quelque lieu qu'on ait plongé ces instruments dans de la glace ou de la neige qui commence à fondre , ou dans de l'eau qui commence à se geler , jusques à présent l'expérience a fait voir , que la liqueur revient toujours au fil auprès duquel est marqué zéro & vis-à-vis , *terme de la glace , ou congélation de l'eau* : ce qui prouve qu'on a raison de regarder comme invariable le degré de froid qui commence à faire geler l'eau. Ce principe n'est pourtant recevable qu'à condition que le froid agisse sur une eau pure , ou qui ne soit point chargée de quelque matiere capable , par sa quantité ou par sa qualité , d'en retarder la congélation ; car si l'on plongeoit un thermometre dans de l'eau salée , par exemple , jusqu'à ce qu'elle commençât à se convertir en glace , la liqueur de l'instrument seroit alors plus bas que zéro , par les raisons que nous avons dites ci-dessus. Avec cette attention , on aura donc un terme fixe , que je crois plus commode & plus sûr que tout autre ; quoi qu'en dise l'Auteur ano-

nyme d'une brochure * qui parut ici en 1745, & dans laquelle on propose la température des souterreins profonds comme un terme préférable à celui de la place : ces souterreins se trouveront-ils aussi commodément & aussi universellement que la glace ou la neige ? Quand on les trouveroit, comment sera-t-on sûr qu'ils sont tous d'une température égale puisque, sur le témoignage de M. Cassini, les caves mêmes de l'Observatoire en changent sensiblement ?

XII.
LEÇON.

* Description de la méthode d'un thermomètre universel.

L'eau des mares qui se trouve souvent mêlée avec l'urine des animaux, avec les parties grasses ou salines des matières, tant animales que végétales, qui s'y sont pourries, ces eaux, dis-je, lorsqu'elles se glacent, représentent fort souvent des figures bizarres, des dessins qui ont quelques ressemblances avec les ouvrages de l'art, ou même avec ceux de la nature ; l'imagination acheve d'en faire des merveilles ; pour peu qu'on se frappe de ces accidents, on y voit des dentelles, des arbres, des animaux, &c. il n'en a point fallu davantage pour faire naître un système ; certains

XII. Auteurs ont prétendu que l'eau dans laquelle une plante a péri, qui en contient par conséquent les principes les plus fixes, ou que la lessive même de ses cendres, venant à se glacer, en représente fidèlement l'image: cette espece de résurrection ou *palingénésie* est une chimere que M. l'Abbé de Valmont * a prise fort à cœur, mais qu'il n'a point prouvée; car une seule expérience ne suffit point, il faut qu'en la répétant plusieurs fois, le même résultat se soutienne constamment; & c'est ce qu'on ne trouve dans aucun Auteur digne de foi. Ce que disent Boyle & le Chevalier Digby, en faveur de la palingénésie, tombe de soi-même; car le premier met ce prétendu phénomène au rang des expériences qui ne réussissent point, & l'autre l'appelle un jeu de la nature; c'en est un véritablement, qui s'explique, en disant que les parties de glaces s'arrangent entr'elles relativement à la quantité & à l'ordre des corps étrangers, qui se trouvent mêlés dans l'eau, & qui interrompent ou retardent plus ou moins la congélation; ou bien encore selon les routes

* *Curiosité de la nat. & de l'art. sur la végét. l'agriculture. &c.*

tes que prend la matière du feu, qui s'évapore de l'eau à mesure que celle-ci perd sa fluidité.

XII.

LEÇON.

Les fruits se gèlent & se durcissent, comme on fait, pendant les hivers qui sont un peu rudes ; & lorsque le dégel arrive, ils ont perdu leur goût, & le plus souvent on les voit tomber en pourriture : ces désordres viennent de ce que leurs sucres sont des liqueurs dont l'eau fait une grande partie, la gelée les décompose comme le vin de notre expérience, & les parties aqueuses deviennent des petits glaçons dont le volume augmente, qui brisent & qui crevent les petits vaisseaux dans lesquels ils sont renfermés.

Il arrive quelque chose de semblable aux animaux mêmes qui habitent les pays froids : c'est une chose assez commune d'y voir des gens qui ont perdu le nez ou les oreilles, pour avoir été exposés à une forte gelée ; ces accidents sont plus rares dans les climats tempérés ; mais on en voit cependant de temps en temps des exemples.

Quand les corps organisés ont été

Tome IV.

M

138 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

gelés on ne peut espérer de les sauver, qu'en les faisant dégeler fort lentement, en les tenant, par exemple, quelque temps dans la neige avant que de les exposer à un air doux, afin de donner le temps aux parties de reprendre l'ordre qu'elles ont perdu; sans cette précaution la fluidité revenant aux parties à qui elle convient, avant que les vaisseaux qui ont été forcés soient consolidés, les sucs ou les humeurs s'extravasent, ou bien leurs principes demeurent désunis.

Il n'en est point du froid qui fait geler l'eau pure, comme du degré de chaleur qui la fait bouillir dans un vase ouvert. L'eau qui bout ne devient jamais plus chaude, mais celle qui est parvenue à la congélation, peut devenir beaucoup plus froide, de deux manières: 1^{ment}, si elle demeure exposée à une gelée qui augmente de plus en plus; car alors elle se refroidit autant que l'air qui la touche, & cet effet lui est commun avec tous les autres corps qui y sont exposés comme elle: 2^{ment}, si on la mêle avec certaines matieres qui puissent la pénétrer, & qu'elle pénétre

elle-même en se fondant. Les sels ~~concrets~~ XII.
concrets, c'est-à-dire, ceux qui ont la consistance de solide, sont connus LEÇON.
pour avoir spécialement cette propriété : mais ils ne sont pas les seuls ; plusieurs liqueurs refroidissent la glace comme eux, & même davantage. Quant au refroidissement qui vient de l'atmosphère, il suffit, pour s'en convaincre, de plonger dans la glace ou dans la neige qui est exposée à l'air, un thermomètre, lorsqu'ayant été exposé de même, il se trouve de plusieurs degrés plus bas que le terme de la congélation, car cette immersion ne faisant point remonter la liqueur, on voit évidemment que le froid est le même dans l'eau gelée que dans l'atmosphère ; c'est-à-dire, plus grand que celui qui suffit pour glacer l'eau simplement. Je ne m'arrêterai donc qu'aux refroidissements artificiels, à ceux que l'on fait, en mêlant avec la glace des sels ou quelqu'autre matière.



III. EXPÉRIENCE.

XII.

PRÉPARATION.

LEÇON.

On entoure de glace pilée ou de neige la boule d'un petit thermomètre placée dans un vaisseau; on attend que la liqueur se soit fixée au terme de la congélation : alors si l'on jette dessus la glace une once ou deux de quelque sel que ce soit;

EFFETS.

Peu de temps après, le fond du vase se remplit d'eau salée, & l'on voit descendre la liqueur du thermomètre au-dessous du terme où elle s'étoit fixée.

EXPLICATIONS.

De la glace qui se fond en se refroidissant, qui cesse d'être, par un plus grand froid, ce qu'elle ne peut être que par le froid même, est un phénomène singulier, & qu'il n'est pas facile d'expliquer : les difficultés augmentent encore, quand on s'arrête aux idées que la plupart des Physiciens se sont faites de la nature des

fluides : car si leur état consiste dans un mouvement actuel, & que l'eau se refroidisse par le mélange des sels, parce que ces parties, comme fixées par les particules salines, ne peuvent plus se mouvoir avec la même vitesse qu'auparavant ; * comment ces mêmes sels mêlés avec la glace font-ils renaître la liquidité ? Est-ce que, contre leur coutume, ils y raniment le mouvement ? ou bien le froid qui augmente n'est-il pas le signe du mouvement rallenti ? Pour moi, comme j'en ai déjà dit plusieurs fois, ne voyant nulle nécessité d'admettre cette agitation particulière & actuelle dans les liquides, je m'en tiens toujours à la mobilité respective de leurs parties, que je regarde comme la seule condition essentielle à cet état. Je ne crois pas non plus que les sels qui sont dissous dans l'eau, puissent par eux-mêmes en fixer les parties, & les empêcher de rouler les unes sur les autres ; puisqu'au contraire les eaux salées ne se gèlent que difficilement.

Je conjecture donc que le refroidissement de la glace par le mélange des sels, se fait à peu près comme

XII.

LEÇON.

* Mém. de
l'Acad. des
Scienc. 1700.
pag. 114.

142 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII. LEÇON.

celui de l'eau; l'humidité pénètre le fel, le divise & le met en état de faire la même chose à l'égard de la glace; les deux matieres se pénètrent mutuellement à mesure qu'elles se fondent, & les parties de l'une parcourant rapidement les pores de l'autre, en chassent pour un temps la matiere du feu qui s'y trouve encore; & de-là il naît une plus grande privation de chaleur dans le mélange: j'appuie cette pensée sur les observations suivantes.

1°. Quand les grains de sels qu'on mêle avec la glace sont gros & bien secs, on entend pétiller & craquer tout le mélange; & l'on apperçoit assez souvent de petits éclats de la glace qui s'élancent ou qui sautent, ce qui denote que la pénétration se fait avec violence, & que les deux matieres n'agissent pas seulement l'une sur l'autre par les surfaces.

2°. A mesure que le refroidissement se fait, il s'amasse au fond du vase une eau qui est chargée de sel, ce qui marque une fusion réciproque des deux matieres; & cette condition est si nécessaire, que quand on y met obstacle, le mélange demeure sans effet;

comme je l'ai éprouvé moi-même d'après M. de Reaumur, en mettant ensemble de la glace & du sel que j'avois desséchés par un froid de 12 ou 14 degrés; dès qu'il n'y a point d'humide pour fondre le sel, & pour le mettre en état d'entamer la glace, l'un & l'autre mêlés ensemble, demeurent au même degré de froid qu'ils ont acquis séparément. Mais si l'on répète la même expérience en employant de l'esprit de nitre ou de sel marin, au lieu de sel concret, le refroidissement augmente considérablement, parce que cette liqueur saline est toujours en état de pénétrer la glace. Et procédant ainsi, on peut faire un froid artificiel qui égale presque deux fois celui du fameux hiver de 1709, ou qui représente dans ces climats, la gelée qui regne assez communément en Laponie.

3°. Pendant tout le temps que la glace se refroidit, & que les deux matières se pénètrent réciproquement, on observe autour du vase qui contient le mélange, une vapeur épaisse qu'on peut attribuer, avec assez de vraisemblance, au feu qui s'exhale,

144 LEÇONS DE PHYSIQUE

XII.

LEÇON.

& qui emporte avec lui des parties aqueuses qui se sont trouvées exposées à son choc.

Mais, dira-t-on, si la matiere du feu est la cause générale de la fluidité, & que l'eau ne devienne glace, que quand elle en est dépourvue à un certain point, comment se peut-il faire qu'une plus grande disette de cette matiere, rende la glace liquide ?

Je réponds à cette difficulté, que ce n'est point parce qu'il y a moins de feu dans la glace, qu'elle se convertit en eau, mais parce qu'on substitue au feu qui en est sorti, & qui continue de s'exhaler, une autre matiere qui se loge entre les parties, & qui les rend mobiles les unes à l'égard des autres. Quoique le feu soit la cause la plus générale de la liquidité, il n'est point la seule qui puisse faire naître ou entretenir cet état : il suffit qu'une matiere interposée empêche les parties d'un corps de se joindre, & qu'elle ne leur serve pas de lien commun ; ce corps aussi-tôt est un fluide, quelque degré de froid qu'il ait d'ailleurs ; c'est ainsi que les esprits-de-vin, de sel, de nitre

nitre, &c. mêlés avec l'eau en suffisante quantité, empêchent sa congélation, & lui rendent la fluidité quand elle l'a perdue; les sels extrêmement divisés par la dissolution, produisent le même effet, & par la même raison.

A cette occasion nous remarquons un fait qui est fort singulier: l'esprit-de-vin mêlé avec la glace la fait fondre & la refroidit considérablement: si on le mêle avec de l'eau, il fait tout le contraire; le mélange devient sensiblement plus chaud, que ne l'étoient les deux liqueurs avant leur union. Ces deux effets qui sont si fort opposés, dépendent de bien peu de chose; car un degré de plus ou de moins fait que l'eau devient glace, ou que la glace retourne en eau: cependant on ne peut s'en prendre qu'à cette différence d'état; & s'il est permis de conjecturer quand on manque de raisons évidentes, voici comment j'essaierois d'expliquer ce double phénomène.

Le mélange de glace & d'esprit-de-vin se refroidit, parce que ces deux matieres se pénètrent réciproquement, & que l'une, enfilant les po-

XII.

LEÇON.

XII.

LEÇON.

* Mém. de
l'Acad. des
Sc. 1733. p.
168.

res de l'autre, on chasse la matiere du feu, comme je l'ai dit ci-dessus à l'égard du sel : la double pénétration que je suppose ici, paroît prouvée d'ailleurs ; car M. de Reaumur a fait voir * que le volume de l'eau & de l'esprit-de-vin mêlés ensemble, n'égalent point celui que ces deux liqueurs ont séparément ; il faut donc qu'en s'unissant, elles se logent l'une dans l'autre. Mais quand une liqueur en pénètre une autre, & qu'elle chasse devant elle la matiere du feu qu'elle rencontre dans les pores, elle frotte nécessairement les parois de ces mêmes pores, dont les parties extrêmement mobiles se mettent à tourner sur elles-mêmes sans se déplacer ; & si la pénétration est réciproque, il doit naître dans tout le mélange un mouvement intestin, une sorte de fermentation qui ne va guere sans chaleur, parce que le peu de feu qui reste se trouve animé par cette agitation : ainsi l'esprit-de-vin refroidit la glace, parce qu'en la pénétrant il n'opere qu'une plus grande disette de feu ; mais il échauffe l'eau, parce qu'en lui faisant perdre une partie de son feu, il pro-

cure à celui qui reste une augmentation de mouvement qui supplée avec excès à la quantité qui manque.

XII.

LEÇONS

APPLICATIONS.

Pour faire glacer la crème, les liqueurs & les fruits, on se sert pendant l'été, dans les offices, & chez les limonadiers, de la glace qu'on a gardée dans des souterrains, & qui n'a plus que le degré de froid nécessaire pour être dans cet état; si on l'employoit seule, elle ne pourroit point faire geler de l'eau pure, ni à plus forte raison des matieres grasses, spiritueuses, & chargées de sucre, parce qu'en communiquant de son froid, elle recoit une partie de la chaleur du corps qu'elle refroidit; & l'un & l'autre après cette communication réciproque, demeurent toujours moins froids que de la glace qui n'est point fondue: on est donc dans l'usage de la refroidir artificiellement, en y mêlant quelque sel; celui qu'on emploie le plus communément est le sel qu'on tire de la mer, ou des mines pour assaisonner les aliments; on en met environ une partie contre deux de glace

XII.
LEÇON. pilée; on mêle promptement l'un avec l'autre, & l'on y plonge un canon de fer-blanc ou d'argent qui contient la liqueur qu'on veut faire glacer. Quand on veut hâter cette congélation, il faut agiter continuellement le vaisseau, & ratifier la glace à mesure qu'elle s'attache aux parois intérieures, afin que les parties qui sont vers le centre, changent de place, & viennent à leur tour à l'endroit où regne le plus grand froid. Ces mouvements procurent encore un autre avantage; ils empêchent que la liqueur qui se gele, ne se convertisse en glaçons, & ils ne lui laissent prendre que la consistance de neige. On a raison de souhaiter que cela soit ainsi; car comme l'eau qui se gele tranquillement se dessaisit en partie des matières étrangères qu'elle contient, ces sortes de liqueurs en se glaçant en repos se décomposeroient, & leurs glaçons se trouveroient toujours presque insipides. La dose de sel qu'on doit employer avec la glace pour la refroidir, n'est point une chose indifférente; si l'on n'en met point assez, la pénétration mutuelle d'où dépend le

refroidissement, n'est ni assez prompte, ni assez complète; si l'on en met trop, ce qui ne se fond point, est un corps étranger, qui, toujours plus chaud que la glace, la fait fondre par le seul attouchement des surfaces, & par conséquent sans la refroidir. Pour éviter ces deux inconvénients, on doit prendre pour règle de mêler avec la glace à peu près autant de sel que l'eau la plus froide en peut dissoudre.

XII.
LEÇON.

Dans les pays de gabelles où le sel marin coûte 10 sols la livre, des raisons d'économie ont fait chercher quelqu'autre sel de moindre prix, qu'on pût lui substituer pour refroidir la glace: on s'est servi avec succès du salpêtre le plus commun, de celui de la première cuite, c'est-à-dire, qui n'a encore eu qu'une façon, & qu'on peut avoir pour 6 ou 7 sols la livre. La réussite de cette épreuve, & l'opinion où l'on est, qu'il y a dans l'air des parties nitreuses qui sont la principale cause de son refroidissement, ont fait présumer que le salpêtre étoit le plus puissant de tous les sels pour refroidir la glace; ce sentiment est

devenu fort commun, & quelques

XII. Savants même l'ont avancé sans preu-

LEÇON. ve : mais M. de Reaumur ayant exa-

** Mém. de
l'Acad. des
Sc. 1734. P.
267.* miné *, le thermometre à la main,
la valeur de chaque sel pour cet effet ,
a reconnu que le salpêtre par lui-même

ne procure qu'un foible refroidissement , & que lorsqu'il en opere un plus grand , c'est moins en qualité de salpêtre qu'en vertu de sel marin , avec lequel il est mêlé , & dont on le dépouille par la seconde & par la troisième cuites.

Par cette épreuve , non-seulement on corrige une erreur qui commençoit à gagner ; mais on nous fournit un moyen assez simple , & plus sûr que ceux qui sont en usage , pour connoître la meilleure poudre à canon ; car comme le salpêtre en fait la principale partie , & que le soufre & le charbon qui n'y entrent qu'en petite quantité , ne sont point capables de refroidir la glace , il est évident que de plusieurs sortes de poudres , celle-là doit passer pour la meilleure , qui fait prendre à la glace un moindre refroidissement ; car c'est une marque qu'elle est faite avec le salpêtre

le plus raffiné, le plus dépouillé de sel marin.

XII.

LEÇON.

Le salpêtre non raffiné, ou le sel qu'on en tire, & qu'on n'emploie point aux usages ordinaires à cause de l'amertume qui lui reste, ne sont pas les seules matieres dont on puisse se servir pour refroidir la glace, au lieu du sel qu'on achete aux gabelles. Si l'on veut épargner la dépense, on peut employer la soude, non pas celle qui vient d'Alicante, & qui en porte le nom, mais une autre espece qu'on appelle *Varec*, qui se fait communément sur les côtes de Normandie, & qui n'est autre chose que la cendre de l'*Algue*, & de quelques autres plantes marines qu'on y brûle en grande quantité. Cette soude la moins bonne de toutes, & la moins estimée dans le commerce, ne coûte que 2 sous la livre & elle refroidit assez la glace pour tenir lieu de sel marin. & même pour lui être préférée à certains égards; car quoiqu'elle fasse un refroidissement moins grand que lui, dans tous les cas où l'on ne se pique point d'opérer en 5 ou 6 minutes, elle exige moins de soins, pour empêcher qu'il

XII.
LEÇON. ne se fasse des glaçons, & elle conserve plus long-temps bonnes à prendre, les liqueurs qu'elle a converties en neige.

Comme l'évaporation du feu qui passe de l'eau dans l'air, à mesure que l'atmosphère se refroidit, occasionne la congélation; aussi lorsque le feu se ranime dans l'air, & qu'il rentre dans la glace en suffisante quantité, il la fait fondre, il lui rend sa première fluidité; & c'est ce qu'on nomme *dégel*. Le feu, pour produire ce dernier effet, agit non-seulement par lui-même, mais encore par les parties solides des corps qu'il anime, & qui ont plus de prise que lui-même sur la glace; par conséquent, à chaleur égale, la glace se fond d'autant plus vite qu'elle est touchée par des matières plus denses; sa dissolution se fait donc plus promptement dans l'eau que dans l'air; aussi remarque-t-on que le dégel n'est jamais plus général, & ne fait jamais des progrès plus rapides que par un vent du Sud, parce qu'alors l'air est communément plus doux & plus humide. Quand le dégel est commencé,

s'il survient une nouvelle gelée, l'humidité abondante qui mouille la surface de la terre & le pavé des rues, devient une glace continue, qu'on nomme *verglas*, & sur laquelle il est difficile de marcher, parce que se conformant aux inégalités du terrain, elle présente continuellement aux pieds des plans différemment inclinés & fort glissants.

L'eau qui dégoutte des toits & des endroits qui ont été couverts de neige dans ces fortes d'occasions, forme des glaçons pendants, qui prennent différentes figures; suivant les circonstances qui accompagnent ces écoulements, & le degré de froid qui les saisit.

Mais un des plus funestes effets de ces faux dégels, c'est d'abreuver d'eau les terresensemencées; car aussi-tôt que la gelée survient, la racine du grain & sa tige naissante se trouvent enveloppées de glace qui les froisse, qui les coupe, & qui souvent les fait périr.



XIII. LEÇON.

De la nature & des propriétés du Feu.

CE que le vulgaire appelle *Feu*, n'est à proprement parler, qu'un corps embrasé, dont les parties se désunissent & s'évaporent en fumée, en flamme, en odeur, &c. mais cette espece de dissolution, cet embrasement que l'on connoît tant, & sur lequel le commun des hommes réfléchit si peu, n'est encore aux yeux du Physicien que l'effet (toujours admirable) d'une cause secrète qui pique extrêmement sa curiosité, & qui se dérobe à ses recherches. Comme les objets nous échappent, quand nous les considérons de trop loin, aussi ne les voyons-nous que confusément quand nous en sommes trop près : le feu naît avec nous, il pénètre notre propre substance, ses effets nous suivent par-tout ; rien ne nous est plus familier, & c'est peut-être une des

raisons qui nous empêchent de connoître sa nature, & qui font que la Physique la plus éclairée ne peut encore offrir que des probabilités sur cette grande question. Après une étude de deux ou trois mille ans, après les méditations des Descartes, des Newton, des Malbranches, après les observations & les expériences des Boyle, des Boerhaave, des Reaumur, des Lemery, &c. nous en sommes encore à savoir définitivement si le feu est une matiere simple, inaltérable, destinée à produire par sa présence ou par son action, la chaleur, l'embrasement, la dissolution des corps; ou bien si son essence consiste dans le mouvement seul, ou dans la fermentation des parties qu'on nomme *inflammables*, & qui entrent comme principes, en plus ou moins grande quantité dans la composition des mixtes.

A la vérité cette dernière opinion n'a plus guere de partisans, & ceux qui la soutiennent encore attribuent communément, ou à l'éther, ou à la matiere subtile, le mouvement primitif, ce mouvement intestin des par-

XIII. ties , en quoi ils font consister la nature du feu , ce qui rapproche beaucoup les deux sentiments.

Puisqu'il faut donc revenir à une matiere qui est comme le principe du feu , & sans laquelle le mouvement qui lui est propre n'aura pas lieu , j'aime autant dire avec la plupart des Physiciens , qu'il y a dans la Nature un fluide propre à cet effet , créé tel dès le commencement , & qui n'a besoin que d'être excité pour agir : que ce soit l'éther , que ce soit le premier ou le second élément de Descartes , c'est ce que je n'examine point ici ; le nom n'y fait rien : & comme la Nature ne produit les êtres qu'avec épargne , tandis qu'elle multiplie leurs propriétés avec profusion , je suis très-porté à croire que c'est la même matiere qui brûle & qui éclaire , qui nous fait sentir la chaleur & voir les objets : en un mot , que le feu & la lumiere considérés dans leur principe , sont une seule & même substance différemment modifiée. Développons cette idee , & tâchons d'en tirer les explications des phénomènes que nous avons à examiner dans cette

Leçon & dans celle qui la suit.

XIII.

LIÇON

Pour ce qui concerne le feu, j'examinerai d'abord quelle peut être sa nature, & comment son action se distribue aux parties des corps qui la reçoivent : j'exposerai ensuite les différents moyens par lesquels on excite cet élément pour le faire agir : & enfin, je ferai voir à quoi se réduisent ses principaux effets, & j'en suivrai les différents progrès ; ce qui donnera lieu à quatre Sections dans lesquelles je comprendrai tout ce que j'ai à dire sur cette matière.

En traitant, suivant la méthode à laquelle je me suis assujetti dans tout cet Ouvrage, & qui m'a paru la plus propre à éclaircir l'esprit dans la recherche des vérités physiques ; en traitant, dis-je, par voie d'expérience, d'une matière que son extrême subtilité dérobe à nos sens, & que nous ne pouvons guère connoître que par les différents rapports qu'elle a avec des objets plus sensibles, & par les changements qu'elle peut causer dans les autres êtres matériels, il seroit peut-être plus naturel de faire précéder tout ce que nous pouvons savoir

158 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII. de l'action réciproque du feu sur les
Leçon. corps, & des corps sur lui, avant que
de rien prononcer sur son essence &
sur sa maniere d'être; mais lorsqu'il
s'agira d'expliquer comment certains
procédés mettent le feu en mouve-
ment & augmentent sa force, ou pour-
quoi il en résulte tels ou tels effets en
certains cas, je serai souvent obligé
d'employer des idées qu'il est à pro-
pos d'avoir au moins exposées précé-
demment; & c'est ce que je me pro-
pose de faire dans la premiere Sec-
tion. Une partie des propositions que
j'y énoncerai, paroîtront peut-être
moins solidement prouvées par les
raisonnements que j'y joindrai, qu'el-
les ne le seront par le fait que j'aurai
à citer dans les Sections suivantes;
mais on pourra toujours les admettre
commé des suppositions vraisembla-
bles, sauf à suspendre son jugement,
jusqu'à ce que l'expérience vienne à
l'appui du raisonnement.



PREMIERE SECTION. XIII.

Examen préliminaire de la nature LEÇON
du Feu & de sa propagation.

ARTICLE PREMIER.

De la nature du Feu.

LE Feu considéré dans son principe doit être autre chose que le mouvement intestin des parties échauffées, ou la dissipation actuelle des corps embrasés: car dans l'état naturel, tout mouvement une fois imprimé se ralentit, & cesse enfin d'être sensible, en se distribuant à une plus grande quantité de matiere, comme je crois l'avoir suffisamment prouvé dans la troisieme & dans la quatrieme Leçon; le feu au contraire se communique avec accroissement: nous voyons tous les jours qu'une étincelle devient un incendie. Quand je considere à la fin du jour combien il a fallu de mouvement pour dissiper en flamme, en fumée & en cendres tout le bois que j'ai fait brûler dans ma

XIII.

LEÇON.

cheminée, il s'en faut bien que je le trouve, tout ce mouvement, dans le choc du caillou & du morceau d'acier par le moyen duquel on a allumé mon feu le matin. Il y a donc une cause indépendante des parties combustibles, & qui non-seulement entretient la première inflammation, mais qui facilite encore ses progrès, une cause dont l'action devient plus libre & plus puissante par ses propres effets.

Cette cause doit être une matière : peut-on la soupçonner d'être autre chose, sans s'écarter des idées les plus généralement reçues, sans donner dans des fictions qui auroient peine à s'accorder avec un raisonnement méthodique, ou sans mettre en jeu la toute-puissance du Créateur ; ce qu'on ne doit faire qu'avec beaucoup de réserve, pour ne pas risquer de lui attribuer des chimeres ? On verra dans toute cette Leçon, & dans la suivante, que le feu agit immédiatement & localement sur les corps organisés & autres, qu'il se divise & se partage entre eux, qu'il se contient dans des limites, qu'il reçoit du mouvement, & qu'il en commu-
nique

EXPÉRIMENTALE. 161

nique: tous ces caractères n'annoncent-ils pas clairement une substance matérielle? & l'être qui en est revêtu ne peut-il pas sans aucune difficulté se ranger dans la classe des fluides subtils, de même que l'air, l'éther, &c. sur le genre & sur l'existence desquels il n'y a point de contestation?

Boerhaave qui a traité du feu * très-savamment, & d'une manière plus complète qu'aucun Auteur que je sache, en admirant la prodigieuse subtilité de cet élément, observe que quelques Physiciens, frappés aussi de cette merveille, l'ont pris pour un esprit, plutôt que pour un corps: *ut ab aliis pro spiritu veriùs quàm pro corpore sit agnitus*. Mais on auroit tort de croire que ce savant Chimiste ait voulu souscrire à cette doctrine, puisqu'au contraire dans la suite de son Ouvrage * il établit solidement & par des preuves d'expérience, que le feu considéré même dans son principe, (*ignis Elemental*is,) est véritablement une matière à part, & distinguée des autres, à la vérité, mais qui doit être comprise dans la classe des êtres purement matériels.

Tome IV.

Q

XIII.

LEÇON.

* *Elem. chemia*, Tom. I.
pag. 68.

* *Ibid.*
203.

162 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII.

LEÇON.

Cet habile homme, exercé dès ses premières années à juger de la nature des substances, par la connoissance qu'il savoit si bien acquérir de leurs attributs & de leurs propriétés, n'a point balancé sur celle du feu, quoiqu'il crût avec plusieurs autres Savants, que cette matière n'a pas comme les autres corps sublunaires, la tendance déterminée de haut en bas, qu'on nomme pesanteur, opinion combattue par les arguments les plus forts, mais qui a cependant frappé quelques esprits métaphysiciens jusqu'au point de leur faire imaginer en faveur du feu une classe d'êtres mi-toyens entre l'esprit & le corps, une demi-matérialité. Car disent-ils, la gravité étant une propriété de la matière, si le feu n'est point grave, il n'est point pure matière.

Il est vrai que nous ne connoissons point de corps appartenant à la terre, qui n'ait une tendance vers le centre de cette planète; mais on ne peut pas dire pour cela que la pesanteur soit un attribut essentiel à la matière; qu'une substance ne puisse être matérielle, sans être pesante: le feu

pourroit être un fluide si généralement répandu dans la nature, qu'il n'appartînt pas plus à une planète qu'à une autre, qu'il n'eût aucune tendance particuliere & déterminée, & qu'il affectât seulement de se répandre uniformément, & de se mettre en équilibre avec lui-même par un effort qui seroit tout autre que celui de cette pesanteur, dont il est ici question: ce qui n'empêcheroit pas qu'il ne fût une vraie matiere.

Mais avant que d'en venir à cette raison, on ne doit pas convenir comme d'une chose décidée, que le feu n'ait point de pesanteur; on peut citer au contraire plusieurs expériences faites & répétées par mains de maltres, sur la foi desquels il paroît que certaines matieres ont acquis du poids en acquérant du feu; comme si cet élément en eût en effet augmenté la masse, en se mêlant avec elles, & en se logeant dans leurs pores.

Boyle a écrit un Traité tout entier * pour prouver que la flamme est pesante; l'Histoire de l'Académie des Sciences par M. Duhamel fait mention de plusieurs minéraux calcinés, dont

XIII.

LEÇON.

* De ponderabilitate flammæ.

164 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII. le poids a été augmenté de $\frac{1}{16}$, ou
LEÇON. même quelquefois de $\frac{1}{10}$ dans l'opération : c'est une chose connue de tous les ouvriers qui travaillent à la fayence, que l'étain réduit en chaux pour faire cette espece d'émail blanc, dont on enduit les vaisseaux quand ils sont fabriqués en terre; que cet étain, dis-je, sort du fourneau pour l'ordinaire de $\frac{1}{12}$, ou environ plus pesant qu'il n'y étoit entré.

Je ne dissimulerai pas que ces expériences ne sont pas aussi décisives qu'on pourroit le croire; soit parce qu'on peut soupçonner que cette augmentation de poids n'est pas causée par le feu proprement dit, mais par toute autre matiere qui s'unit aux corps que l'on calcine, & qui peut venir ou de l'air qui les touche, ou des vaisseaux qui les contiennent, ou des instruments avec lesquels on les agite pendant l'opération, ou bien même du charbon qui sert d'aliment au feu; soit parce qu'on est peu d'accord sur ces faits, & que l'on voit un Boerhaave opposer les siens à ceux des Lemery & des Homberg, c'est-à-dire le pour & le contre sou-

tenu par les plus grands Maîtres.

Mais quand l'expérience n'auroit jamais prouvé d'une manière certaine que le feu est pesant, on ne peut pas dire qu'elle ait décidé le contraire ; si la balance n'a pas perdu son équilibre quand on a pesé chaud ce qu'on avoit pesé froid précédemment ; il est plus naturel de penser que l'augmentation du poids dans le corps échauffé ; n'a point été assez grande pour faire trébucher l'instrument, que de supposer qu'elle ait été absolument nulle : parce que toutes les autres matieres connues ayant de la pesanteur, on ne doit point croire que celle du feu soit exceptée de la loi générale, sans en avoir des preuves positives & évidentes.

D'ailleurs quand on pese une masse de fer embrasée comme a fait Boerhaave, est-il bien décidé, & doit-on croire que le feu, s'il est pesant, doive en pareil cas joindre sa pesanteur à celle du métal qu'il embrase ?

Selon le sentiment même de ce savant Physicien, (sentiment qui me paroît très-probable, & dont je donnerai bien-tôt les raisons) le feu est

XIII.

LEÇON.

présent par-tout, au-dehors, comme
 XIII. au-dedans des corps; dans le temps
 LEÇON. de l'embrasement le feu intérieur de
 la masse de fer ne differe de celui qui
 l'environne, que par sa quantité ou
 par une plus grande action: mais l'un
 & l'autre communiquant ensemble
 avec d'autant plus de liberté que les
 pores du métal échauffé sont plus ou-
 verts, dans cette supposition, je dis
 que le feu ne porte point son poids
 sur la balance, mais qu'il se met en
 équilibre avec celui du dehors, com-
 me l'eau qui remplit un corps très-
 spongieux ne le charge point de son
 propre poids, si ce corps est plongé
 dans de pareille eau; ou; pour user
 d'une comparaison plus analogue au
 fait dont il s'agit, imaginons que je
 pese dans l'air libre un ballon creux
 & rempli d'un air semblable à celui
 qui l'environne, & avec lequel il
 communique; selon les loix de l'Hy-
 drostatique, établies & prouvées dans
 notre huitieme Leçon, le bras de
 la balance ne porte ici que la ma-
 tiere propre du ballon, moins le
 poids de la quantité d'air dont cette
 matiere tient la place.

Et quand bien même on suppose-
roit que cet air intérieur eût une ac-
tion quelconque, pourvu que cette
action ne changeât rien à sa masse, ni
à la communication libre qu'il a avec
l'air environnant, les choses subsiste-
roient encore dans le même état.

XIII.
LIÇON.

On me dira peut-être que la com-
paraison peche, en ce que non-seu-
lement le feu est en action dans le
fer échauffé, mais qu'il y en a aussi
une plus grande quantité, que lors-
qu'il est froid.

Hé bien, faisons donc entrer dans
notre ballon plus d'air qu'il n'y en a,
pour conserver une parité plus parai-
te: mais il faut qu'on m'accorde aussi
que le ballon imaginaire devient plus
grand, à mesure qu'il y entre plus d'air;
car on verra par la suite qu'un morceau
de métal qui s'échauffe augmente de
volume à proportion: alors je ne vois
pas pourquoi l'équilibre ne pourroit
pas subsister comme auparavant, sur-
tout lorsqu'il s'agit d'un équilibre, qui
ne peut être altéré sensiblement que
par une inégalité de poids assez con-
sidérable, à cause des imperfections
inévitables des instruments qu'on est

===== obligé d'employer en pareil cas.

XIII. Mais si par ces raisons le fer embra^{sé} de Boerhaave n'a pas dû paroître plus pesant, pourquoi l'antimoine & le plomb calcinés de M. Homberg, l'ont-ils été d'une quantité si considérable? & pourquoi toutes les matieres qui éprouvent un même degré de feu, n'augmentent-elles point également en poids? Voici ce que je réponds à ces difficultés.

Ou l'augmentation de poids dans ces minéraux ne vient point du feu, & alors il faut convenir que la pesanteur de cet élément n'est point prouvée par l'expérience, & s'en tenir à la probabilité fondée sur ce que le feu est une matiere, & que toute matiere connue est pesante; ou bien on peut supposer qu'il y a certains corps où le feu demeure concentré après la calcination, au lieu de s'évaporer comme il fait le plus communément, & dont le refroidissement n'est qu'un simple ralentissement de l'action du feu; ralentissement qui seroit très-compatible avec une plus grande quantité de ce fluide assoupi, & comme fixé par la nouvelle disposition
des

des parties qui le renferment, & qui le retiennent. Ne fait-on pas, que par la calcination, ou par une simple torréfaction, nombre de matieres deviennent propres à rendre de la lumiere, à fermenter, à s'enflammer, à fulminer même; tous ces exemples, que j'aurai occasion de faire voir dans la suite de ces Leçons, favorisent beaucoup ma dernière hypothese.

XIII.

Leçon.

Je conclus donc que le feu, considéré dans son principe, est une vraie matiere: premièrement parce qu'il en a les attributs les plus essentiels, l'étendue & la solidité; secondement, parce qu'il en possède aussi les propriétés les plus communes, comme la mobilité, ce qui est incontestable, & la pesanteur, selon toute apparence.

Cette matiere est un être à part, dont la nature est fixe & inaltérable; je ne puis croire, comme l'ont pensé quelques Auteurs, que ce soit un mixte résultant de l'assemblage de certaines substances réunies, & animées par un mouvement de fermentation: car il faudra toujours revenir à expliquer cette espece de mouvement.

XIII.
LEÇON. qu'on suppose, & qui differe des autres, en ce qu'au lieu de se représenter comme eux avec déchet, ou tout au plus sans perte, il se montre toujours plus grand que la cause apparente qui le fait naître. Quand on me dira que des sels, du soufre, de l'air, &c. mêlés ensemble à certaines doses composent du feu, parce que ces matieres fermentent; je n'en ferai pas mieux instruit, si l'on ne m'apprend d'où procede ce mouvement de fermentation, qui a la propriété de croître comme de lui-même, & sans qu'on y applique une nouvelle cause. Dans toutes ces matieres qu'on me presente comme les principes du feu, je ne vois, comme dans tous les autres corps, que des petites masses disposées à partager seulement une certaine quantité de mouvement qu'une autre masse leur imprimera, mais absolument incapable d'y rien ajouter par elles-mêmes; l'exemple d'un petit ferment qui vient à bout de remuer, de soulever une grande quantité de matiere, n'est qu'une comparaison qui n'éclaircit rien quant au fond, & qui a be-

soin elle-même d'être expliquée.

D'ailleurs, je ne vois pas ces prétendus principes du feu au foyer d'un miroir concave, ni à celui d'un verre lenticulaire, où les pierres se calcinent, où les métaux se fondent & se vitrifient. Dira-t-on que ces rayons rassemblés ne sont pas un véritable feu? ou bien en faudra-t-il distinguer de deux especes dans la Nature? La premiere prétention seroit absurde; la seconde seroit sans fondement.

Le feu élémentaire doit être considéré comme un fluide, mais un fluide qui ne cesse jamais de l'être: ses parties, lorsqu'elles se mêlent à celles des autres corps, peuvent bien s'unir, se fixer, pour ainsi dire, & prendre consistance avec elles, à peu près comme l'air dont on trouve des particules disséminées dans toutes les substances terrestres; mais ces mêmes parties n'affectent jamais une pareille union entr'elles; jamais on ne voit la matiere propre du feu, quelque condensée qu'elle puisse être, former une masse compacte; ce cône lumineux & brûlant, dont le sommet forme le foyer du plus grand miroir

XIII.
LEÇON.

XIII. **LEÇON.** ardent , est encore plus divisible ; plus liquide , que l'air même dans lequel il est ; & dès que l'on voile la surface réfléchissante sur laquelle sa base est appuyée , il disparoit dans un instant , sans qu'il en reste aucune marque dans le lieu qu'il occupoit.

Non-seulement le feu est constamment fluide par lui-même , mais il y a toute apparence qu'il est la cause principale de toute fluidité , comme je l'ai déjà avancé en plusieurs endroits de cet Ouvrage , comme il sera facile de s'en convaincre par les faits que je rapporterai dans la troisième Section. C'est à l'aide de cet élément que les parties des corps se soulèvent , qu'elles se détachent les unes des autres , & qu'elles jouissent de cette mobilité respective qui distingue le corps fluide de celui qu'on nomme solide ; c'est par le ralentissement ou par l'absence de ce même élément que ces particules qui étoient mobiles entr'elles , qui rouloient les unes sur les autres au gré de leur pesanteur , ou de toute autre impulsion , se rapprochent , se touchent davantage , se

lient & prennent consistance.

Ce qui donne un grand poids à cette idée, (qui d'ailleurs est généralement reçue,) c'est que les corps qui se liquéfient par l'action du feu, augmentent de volume, & qu'au contraire ceux qui se durcissent en se refroidissant, diminuent de grandeur; ce qui doit être nécessairement, si ces deux états (la liquidité & la solidité) sont causés, comme nous le disons, par un fluide étranger qu'on force d'entrer dans une certaine portion de matière, ou qu'on en fait sortir : car il est naturel que deux quantités de matières jointes ensemble occupent plus de place, que l'une des deux séparée de l'autre.

On pourra m'objecter qu'on voit souvent des corps diminuer de grandeur par l'action du feu; les rayons du Soleil, en desséchant la boue des rues la font presque disparoître. Dans les grandes chaleurs on voit la terre s'entr'ouvrir de tous côtés, ce qui vient sans doute, de ce que l'étendue de sa surface diminue; le sel, le sucre, &c. perdent aussi de leur volume dans les étuves.

XIII. Dans tous ces exemples, & dans
LEÇON. une infinité d'autres, qu'on pourroit encore citer, le feu a deux effets. Le premier, & qui est le plus considérable, est d'enlever par évaporation l'eau dont ces différentes matieres sont pénétrées; & cette diminution qui se fait de la masse, diminution dont il est facile de se convaincre par l'épreuve de la balance, est assez grande le plus souvent pour occasionner celle du volume. Le second effet consiste à raréfier la matiere propre des corps qui se dessèchent en s'échauffant, & cette raréfaction en augmente réellement la grandeur. Le même sujet devient donc en même temps plus petit & plus grand à certains égards : plus petit qu'il ne seroit s'il conservoit l'humidité qu'on lui fait perdre; plus grand qu'il n'auroit été, si le desséchement, l'évaporation de l'eau se faisoit par une chaleur plus lente & moins forcée; ainsi dans les cas dont il s'agit, comme dans tous les autres, le feu qui s'introduit dans les corps, en augmente réellement le volume; mais souvent cette augmentation est plus

EXPÉRIMENTALE. 175

que compensée par la diminution qui suit nécessairement d'une portion considérable, rétranchée ou enlevée de la masse, de sorte que nos sens ne faussent ordinairement que ce dernier effet.

Il se présente une difficulté plus spacieuse & plus embarrassante que celle à laquelle je viens de répondre, dans la congélation de l'eau, dans le fer fondu, & dans quelques autres matières qui augmentent réellement de volume, en prenant consistance de solide; c'est-à-dire en perdant une grande partie du feu dont elles étoient pénétrées. Mais je crois avoir donné des raisons plausibles de ces exceptions remarquables dans la Leçon précédente, * c'est pourquoi je ne m'y arrêterai pas davantage.

De tous les fluides que nous connoissons par nos sens, il n'en est aucun dont les parties égalent en finesse, en ténuité, celles du feu proprement dit: une réflexion très-simple peut nous convaincre de cette vérité. L'eau, les huiles, les liqueurs spiritueuses & les plus volatiles, les odeurs les plus pénétrantes, l'air même, au

XIII.
LEÇON.

* 3^e Sect. -
pag. 104.

176 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII. **LEÇON.** moins celui que nous respirons, & qui nous est le plus connu, se contiennent dans des vaisseaux de métal, de verre, &c. pourvu qu'ils soient exactement bouchés, & on les exclut de même: mais on ne connoît aucun moyen d'empêcher que le feu ne passe ou ne s'étende d'un lieu dans un autre, aucun moyen de l'assujettir & de le fixer lorsqu'il est en action; on peut bien modérer ses mouvements, ralentir sa marche par l'interposition de quelque autre matière; mais cet obstacle, quel qu'il soit, le laisse enfin échapper, ou lui donne accès. La plus grosse masse, le corps le plus compacte, le plus dur, le plus froid, en apparence; s'échauffe dans toute son épaisseur, si le feu l'attaque seulement par un côté; le poisson qui nage au fond de la mer, jouit à la longue de la douce température qui regne dans l'air; & la chaleur moyenne qu'on ressent dans certaines saisons à la surface de la terre, se retrouve dans les souterrains les plus profonds.

De quelle dureté, de quelle solidité ne doivent point être les particules ignées! Rien ne leur résiste, & elles

résistent à tout : un diamant qu'on laisse tomber dans le feu s'y dépolit, ses angles s'y émoussent : il y perd sa transparence : tous les mixtes s'y décomposent au point que leurs principes recueillis avec le plus grand soin & remis ensemble, ne reprennent jamais la même forme qu'ils avoient avant la désunion : ces principes mêmes se subdivisent encore par un plus grand feu, de sorte que cet élément peut être regardé avec raison comme un dissolvant universel.

S'il agit sur des matieres plus simples, les parties qu'il désunit pourront bien garder leur premiere forme, quand on les remettra ensemble, mais il portera leur division au-delà de tout ce qu'on oseroit penser, si des faits bien constants ne soutenoient un peu l'imagination. Nous avons fait voir * une très-petite goutte d'eau divisée, jusqu'à remplir une sphere creuse de verre, qui avoit presque deux pouces de diametre. Mais pour entamer de si petits corps, & pour les diviser à un tel degré, quelle finesse & quelle dureté ne doit-on pas supposer à un agent qui en vient à bout !

XIII.
LEÇON.

* Tom. 3.
II. Leçon,
p. 74.

178 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII. Ce que le feu opere sur les autres corps, aucun d'entr'eux ne le fait sur lui : connoît-on quelque matiere qui ait prise sur celle du feu? Outre que l'expérience ne nous offre rien qui nous mette en droit de le penser, le raisonnement nous conduit à croire que cela est impossible; car puisque nous voyons cet élément diviser toutes les substances sensibles, jusques dans leurs moindres parties, on ne voit pas comment ces parties nécessairement plus grossieres que l'instrument qui les désunit, pourroient l'entamer.

La grande dureté des parties ignées résulte de leur extrême petitesse; car les corps sont d'autant moins compressibles, qu'ils ont moins de pores, & par conséquent d'autant moins, qu'ils approchent plus de la premiere simplicité, par le petit nombre des particules qui les composent; on conçoit aisément qu'un être matériel qui seroit un, qui ne seroit point composé de plusieurs particules unies dans le même tout, on conçoit, dis-je, qu'un petit corps de cette espece seroit véritablement un *atôme*, ne pourroit jamais être entamé, qu'il seroit inalté-

nable ; ainsi puisque les parties du feu élémentaire sont capables de tout di- XIII.
viser , & que rien de tout ce que nous LEÇON.
connoissons , n'est impénétrable pour
elles , il faut bien que rien ne les égale
en finesse , en ténuité , ni par consé-
quent en dureté , en solidité.

Ce qu'il y a de plus admirable , je
dirois même de plus effrayant , si
nous étions moins accoutumés à voir
subsister les choses telles qu'elles sont ,
& si nous pouvions ignorer que tous
les ressorts de la Nature sont modé-
rés par une Sagesse qui est infiniment
au-dessus de nos foibles conceptions ;
ce qu'il y a , dis-je , de plus admira-
ble , c'est que cet élément qui est ca-
pable de tout détruire , de tout dis-
soudre , réside par-tout. Il est dans
l'air que nous respirons , & dans le-
quel nous vivons depuis l'instant de
notre naissance ; il est dans la terre
sur laquelle nous marchons ; il est dans
toutes les substances que nous tou-
chons ou qui passent dans nos corps
par forme d'aliment ; il est au-dedans
de nous-mêmes , nous n'avons pas un
grain pesant de chair ou d'os qui n'en
soit plus intimement pénétré , qu'une

 XIII.
 LEÇON.

éponge ne l'est par l'eau, quand elle y est plongée. Sa présence est universelle & pour les lieux & pour les temps: en quelque endroit du monde qu'on se transporte, à quelque heure du jour ou de l'année qu'on l'éprouve, on peut rendre le feu sensible, si l'on emploie les moyens convenables.

On sait que le thermometre est un instrument qui indique les degrés de chaud & de froid; ou pour parler plus physiquement, les augmentations & les diminutions de la chaleur; car ce qu'on nomme communément *le froid*; n'est qu'un moindre chaud, comme nous le prouverons dans la suite: or si l'on convient que la chaleur est un effet du feu, on se persuadera aisément que cet élément est présent en tout temps, en tout lieu, en faisant les réflexions qui suivent.

Puisque dans tous les temps de l'année, & dans tous les lieux du monde, un thermometre exposé à l'air libre, souffre des variations sensibles, puisque la liqueur s'élève plus ou moins dans le tube; c'est une preuve incontestable que toujours & par-tout cet instrument est plongé dans une ma-

tière qui le fait paroître tantôt plus, tantôt moins plein; & cette matière n'est point l'air qui l'environne, car nous savons qu'il ne pénètre point le verre; c'est donc un autre fluide plus subtil, & ce fluide est celui d'où procède la chaleur, puisque le thermomètre ne paroît jamais se remplir davantage, que la chaleur n'augmente en même temps; l'air de notre atmosphère contient donc toujours de cette matière, que nous appellons feu élémentaire.

XIII.

LEÇON.

Qu'on applique le thermomètre à tel autre corps qu'on voudra, soit liquide soit solide, en quelque temps que ce soit, ou la liqueur de l'instrument pourra descendre, ou elle pourra monter; si elle monte, il est incontestable que cette matière qui touche le thermomètre, a un certain degré de chaleur, qu'elle contient une certaine quantité de feu en action. Si elle descend, c'est une marque que cette matière est moins chaude, qu'elle contient un feu moins animé que celui du milieu d'où sort l'instrument; mais cette matière fût-elle de la glace, je soutiens qu'elle n'est point entière-

182 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII.

LEÇON.

** 3^e Session
pag. 136.*

ment privée de feu; car on a vu dans la Leçon précédente, * qu'en y mêlant du sel on la rendroit plus froide qu'elle n'est; de sorte que si le thermometre avoit été plongé pendant quelque temps dans cette glace refroidie, & qu'on le remît ensuite dans de nouvelle glace toute pure, il s'y réchaufferoit indubitablement, la liqueur s'éleveroit dans le tube.

Ce que je dis de cette glace simple, auroit lieu par rapport à celle qui est refroidie par l'addition du sel, si le thermometre sortoit d'une matière encore plus froide: & qui sait quel est le dernier terme possible de froid, ou pour parler plus exactement, jusqu'à quel point un lieu ou une matière peut être privée du feu, ou de la chaleur?

Ces épreuves ont le même succès dans le vuide, le thermometre y est sujet à des variations très-sensibles; ainsi l'on peut conclure en toute sûreté que la matière du feu est partout, puisqu'il n'y a aucun espace connu, plein ou vuide des substances que nous connoissons, où son action ne se fasse sentir.

Mais si la chaleur actuelle n'étoit pas un signe assez certain de la présence & de l'action du feu, on devroit au moins se rendre, quand il se manifeste par l'embrasement, quand il éclate en lumière : & ne fait-on pas que la nuit comme le jour, & partout où l'on se trouve, on peut faire étinceler deux cailloux ou deux grès que l'on heurte l'un contre l'autre ? que le fer d'un cheval ou la bande d'une roue de charrette qui glisse sur le pavé, y fait communément une traînée de feu ? que les aissieux des roues s'enflamment par le frottement, & que la lime du Serrurier met un morceau de métal en état d'allumer du bois ?

XIII.

LEÇON.

Rien ne prouve mieux cette présence universelle du feu, que ces phénomènes admirables que nous offre l'électricité : on ne peut plus douter sans affecter de l'obstination, que la matière dont la Nature se sert pour opérer ses merveilles, ne soit, (au moins quant au fond) la même que le feu élémentaire ; mais cette matière se trouve par-tout, puisque tout s'électrise ; elle s'y trouve toujours, puisque l'on peut toujours électriser.

184 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII.

LEÇON.

Quand on s'est bien convaincu par l'inspection des faits que la matiere électrique & celle du feu sont essentiellement la même chose, il n'est guere possible alors d'attribuer la chaleur & l'embrâsement au seul mouvement des parties propres du corps qui s'échauffe ou qui brûle : car ce fluide qu'on voit couler d'une barre de fer, ou du doigt d'une personne électrisée, n'est certainement ni du métal ni de la chair; il est même d'une nature tout-à-fait différente de ces sels, de ces huiles, de cet air au mélange à la fermentation desquels on attribue l'essence du feu. Par de pareils extraits, un corps perdrait sa propre substance, il s'épuiserait enfin; au lieu que cette matiere enflammée qui s'élance du corps électrisé, & qui allume des liqueurs inflammables, ne paroît tenir presque en rien aux parties propres du corps d'où elle émane.

On croit assez communément que certaines matieres contiennent plus de feu que d'autres, qu'il y en a plus dans le soufre, par exemple, dans l'huile, dans l'esprit-de-vin, dans la poudre à canon, dans le phosphore d'urine,

d'urine, que dans bien d'autres corps dont la porosité seroit même égale à celle de ces matieres; & cette opinion est très-profitable: elle est au moins fort commode pour rendre raison de la prompte inflammabilité qui distingue certaines substances des autres; & sans elle, il me semble qu'on doit avoir beaucoup de peine à expliquer l'augmentation du poids des métaux calcinés, si cette augmentation est aussi réelle qu'apparente.

Cependant Boerhaave, dont l'autorité est ici d'un grand poids, n'est point de ce sentiment; il pense que la matiere du feu est uniformément répandue par-tout, dans les solides comme dans les milieux fluides, en raison des espaces qu'elle y trouve à remplir; de maniere qu'un corps inflammable, selon lui, ne differe pas d'un autre, parce qu'il contient une plus grande quantité de feu, mais seulement parce que ses parties propres sont de nature à se prêter plus aisément à l'action du feu, quand elle viendra à être excitée. La raison qu'il en donne & qui est très-spécieuse, c'est, dit-il, que tous les corps, quand

XIII. ils ont été un temps suffisant dans le même lieu, prennent tous la même température: un thermometre plongé dans l'eau, & ensuite dans l'esprit-de-vin, ou dans une huile quelconque, se tient toujours au même degré; & cependant il est indubitable que ni dans l'une ni dans l'autre liqueur l'action du feu n'est entièrement éteinte: comment donc cette action ne seroit-elle pas plus grande dans l'esprit-de-vin que dans l'eau, s'il y avoit un plus grand nombre de parties ignées agissantes en même-temps?

Il est certain que ceci forme une difficulté considérable: mais on en trouve aussi de fort grandes dans l'opinion de Boerhaave. Car en supposant avec lui que l'inflammabilité des corps consiste seulement dans une disposition des parties plus ou moins grande à se mettre en action quand le feu qu'elles renferment les y sollicite; on sera toujours en peine de savoir pourquoi cette puissance interne, qui paroît être la même dans tous les corps d'un même lieu, à en juger par le thermometre, n'a pas des effets plus grands & plus prompts

sur ceux de ces corps, dont on croit que les parties opposent moins de résistance. Si l'esprit-de-vin, par exemple, est plus inflammable que l'eau, par cette raison qu'il est composé de principes plus disposés à obéir aux efforts du feu qu'il renferme; pourquoi ces efforts qui ne sont pas moindres en lui qu'ils le sont dans l'eau, comme on le suppose, n'agissent-ils pas avec plus d'efficacité sur ces parties que sur celles de l'eau?

XIII.

LEÇON.

Quelque parti que l'on prenne sur cette question, on doit donc s'attendre à être arrêté par des difficultés : l'imagination nous offriroit peut-être des moyens pour y répondre; mais ce n'est point d'elle seule que nous voulons recevoir des solutions; nous avons résolu dès le commencement de cet Ouvrage de ne la point écouter, si l'expérience ne parle pour elle; les faits qui peuvent nous éclairer sur ce qui nous arrête ici appartiennent à la Leçon qui suivra celle-ci: il convient donc de suspendre notre jugement, jusqu'à ce que nous les ayons vus & discutés.

Contentons-nous de savoir pour le

Q ij

XIII.
LEÇON. présent que le feu élémentaire, le principe & la cause de tous les feux, dont nous faisons usage selon nos besoins, est une vraie matière distinguée par son essence de toutes les autres qu'elle anime de son propre mouvement : fluide par excellence, & incapable de sortir de cet état, d'une dureté & d'une subtilité sans pareille & toujours présente par-tout. Portons ensuite nos réflexions sur sa manière d'être, & concevons, s'il est possible, comment l'action du feu se propage ; par quel mécanisme secret il se peut faire qu'un petit embrâsement en cause un plus grand, comme nous voyons que cela arrive tous les jours.

ARTICLE II.

De la Propagation du Feu

LA propagation du feu, comme je l'ai déjà remarqué, quand elle est portée jusqu'à l'inflammation, n'est point un phénomène qu'on puisse jamais expliquer par la simple communication d'une quantité de mouvement déterminée, si l'on ne considère que

le moteur apparent, & que l'on règle
 ses raisonnements selon ce qui nous
 est connu des loix que suit la nature
 dans le choc des corps. Quand une
 matiere s'embrâse en conséquence du
 mouvement qu'on lui imprime par
 dehors, il faut de toute nécessité que
 le choc ou le frottement, premiere
 cause de son inflammation, soit aidé
 par une puissance préexistante, qui
 n'attendoit que l'occasion de se mani-
 fester, par une puissance qui est com-
 me en équilibre avec la cohérence des
 parties propres du corps inflammable,
 & qui devient victorieuse, lorsqu'un
 pouvoir extérieur vient ébranler ce
 qui la retient, & lui donner à elle un
 nouveau degré d'activité. Sans cela
 tout ce que je vois arriver après le
 choc d'un caillou tranchant contre un
 morceau d'acier trempé, l'étincelle
 qui petille à mes yeux, l'embrâsement
 de l'amadou, l'inflammation d'une
 allumette, d'un fagot, d'un bûcher
 tout entier, &c. tout cela me représen-
 te des effets qui excèdent infiniment
 leur cause, & si cette cause est unique,
 tout ce que j'ai vu est miracle; car
 c'est une loi fondamentale en Phy-

XIII.

LIÇON

XIII. **LEÇON.** physique : un axiome reçu de tout le monde, que l'effet ne peut pas être plus grand que sa cause.

Ce fut apparemment cette considération qui porta l'Académie des Sciences à proposer pour le sujet du prix en 1738, la question *de la nature & de la propagation du feu*, question qu'elle regarda sans doute comme importante & commé très-difficile, puisque par la publication de son programme elle s'adressa à tous les Savants du monde, pour tâcher d'en avoir la solution.

De toutes les pieces qui concoururent, trois furent couronnées par l'Académie, & deux autres furent jugées dignes de l'impression; ces deux dernières auroient peut-être même partagé le prix avec les trois premières, si leurs Auteurs, à l'imitation du sage Boerhaave, ne se fussent beaucoup plus occupés des choses sur lesquelles on peut consulter l'expérience, que de la question proposée, qui étoit cependant le principal objet qu'il falloit remplir dans cette occasion.

Les trois premières pieces contiennent des choses fort ingénieuses sur la propagation du feu : on sent bien

que tout ce qu'on peut dire sur une telle question, doit indispensablement tenir à quelque hypothèse; mais j'en trouve une parmi les autres, qui m'a toujours paru si naturelle, & quadrer si bien avec ce que nos sens nous apprennent touchant le feu & ses différents progrès, que je n'ai jamais balancé à lui donner la préférence; cette hypothèse est du célèbre M. Euler, alors Professeur de Mathématiques à Pétersbourg, & Membre de l'Académie Royale des Sciences de Berlin où il est présentement. C'est principalement en suivant les idées de ce savant Mathématicien, que je vais tâcher de faire entendre en peu de mots comment le feu contenu dans l'intérieur d'un corps combustible devient capable d'un effet qui surpasse en apparence le pouvoir dont on se sert, pour le mettre en action.

Il paroît que l'action du feu s'étend dans les corps de deux façons différentes; quelquefois elle n'y cause que ce mouvement intestin des parties, qu'on nomme *chaleur* par rapport à nos sens; & qui se passe sans dissipation notable; tel est l'état d'un mor-

XIII.

LEÇON.

XIII.
LEÇON. ceau de pierre ou de métal que l'on plonge pendant un certain temps dans une chaudiere pleine d'eau qu'on a fait chauffer. D'autres fois elle agite tellement la matiere propre du corps dans lequel elle s'exerce, qu'elle en défunit les molécules, qu'elle les enleve, & les dissipe, comme on voit qu'il arrive à un morceau de bois que l'on a posé sur des charbons ardents.

Lorsqu'il n'y a qu'une communication de chaleur, tout se passe en apparence conformément aux loix connues ; le corps qui en échauffe un autre ne donne pas plus, pas même autant qu'il a reçu : & la chaleur acquise l'est toujours aux dépens de celle qu'on emploie pour la communiquer ; comme une masse en repos ne reçoit du mouvement, qu'en partageant celui d'une autre masse qui l'a choquée.

Voilà comme les choses se passent en général ; s'il y a quelques exceptions, quelques particularités à remarquer à cet égard, elles peuvent s'attribuer à des causes accidentelles, & ce n'est point ici le lieu d'en faire mention.

C'est donc principalement pour les cas, où il y a embrasement ou dispersion

sion des parties, que nous devons imaginer à la matiere du feu une sorte de mouvement, ou de tendance qui la mette en état de faire comme d'elle-même ces progrès sensibles après le premier choc qui commence à l'animer. Imaginons donc, ou plutôt exposons ce qu'on a imaginé, & soutenons les possibilités que nous aurons avancées, par des exemples qui les rendront intelligibles & vraisemblables.

Il est possible, & c'est une idée reçue depuis long-temps par les plus habiles & les plus célèbres Physiciens, * que la matiere du feu ait de sa nature une force expansive, c'est-à-dire, que chacune de ses molécules peut être conçue comme un petit ballon comprimé, qui tend à s'étendre de toutes parts, ou comme un assemblage de petites parties, qui font effort pour s'écarter l'une de l'autre & s'étendre de tous côtés pour occuper un plus grand espace, à peu près comme nous voyons que les plus petits globules de notre air s'étendent, & s'agrandissent, quand on leur en donne lieu.

Transportons maintenant cette première idée à des corps sensibles, &

* Malebranche.

Mém. de l'Acad. des Sc. 1699. p. 33.

Lemery, ibid. 1709. p. 400.

Boerhaave. Flém. Chimie, p. 192.

XIII.

LEÇON.

supposons qu'on ait mis dans un panier une centaine de petits globes de verre creux, remplis d'air comprimé, bien bouchés, & tellement minces qu'à peine ils puissent résister à l'effort du fluide qu'ils renferment; si par le plus petit accident quelques-uns de ces globes fragiles viennent à être heurtés, on conçoit bien que ce petit choc aidé de la réaction du fluide élastique qui est renfermé, ébranlera les parties du verre, jusqu'à le briser; & que ses fragments poussés violemment par l'air qui se dilate, pourront briser les globes voisins, qui par les mêmes raisons étendront le dommage.

Ne voyons-nous pas quelque chose d'assez semblable à cet effet, & de plus analogue au sujet dont il s'agit, dans l'embrasement subit d'une charge de poudre à canon causé par la seule inflammation de quelques grains? Chacun de ces grains peut être considéré comme un petit ballon extrêmement fragile à l'égard des parties du feu qu'il renferme; car en quoi consiste la fragilité d'un corps? C'est sans doute dans la facilité avec laquelle les parties peuvent être désu-

nies; or le salpêtre, le soufre, & le charbon qui composent la poudre, XIII.
avec l'air qui ne manque pas de s'y mê- EXOM
ler, sont toutes matieres que le feu dé-
funit très-facilement, & qui ne peuvent
que très-peu résister à son action.

Il y a sans doute une grande dispa-
rité dans la comparaison que je fais des
grains de poudre avec des globules de
verre remplis d'air comprimé, & qui
se brisent par un effort extérieur; car
l'étincelle qui allume la poudre, n'a
probablement son effet, que parce
qu'elle anime immédiatement le feu
que ce grain contient au-dedans de lui-
même: mais on doit présumer que ce
premier ballon que je fais rompre par
le choc, se briserait également, si une
cause quelconque augmentoit d'un
degré seulement la force expansive de
l'air qu'il contient, & que les plus pro-
chains éclateroient ensuite, si cette
premiere portion d'air, en s'échappant
de sa prison, faisoit sur les autres ce
que la premiere cause a opéré sur elle.
En retenant donc cette premiere idée
qui naît de notre comparaison, sa-
voir, qu'un corps inflammable, com-
me un grain de poudre à canon, pa-

XIII. **LEÇON.** exemple, est un assemblage de petites portions de feu dont chacune est enveloppée d'une autre matière non expansible par elle-même, mais toute prête à se diviser, dès que l'expansion du fluide qu'elle contient l'y forcera; en retenant, dis-je, cette première idée, voyons comment une étincelle de feu appliquée extérieurement pourra produire cet effet.

On se souviendra ici que tous les corps sont poreux, quelques petits qu'ils soient, jusqu'aux parties élémentaires exclusivement: que quand plusieurs particules de matière s'assemblent pour former une petite masse, leur jonction n'est jamais telle, qu'il ne reste entr'elles des petits vuides à remplir, comme je l'ai expliqué & prouvé dans la seconde Leçon. *

** Tom I. p. 4, & suiv.* Ainsi quand nous nous représentons une molécule de feu, enveloppée d'une pellicule de ce mélange dont on fait la poudre, nous devons songer que cette enveloppe est mal jointe, & que le feu qui en occupe l'intérieur, & qui s'y contient, tant que sa vertu expansive n'est pas suffisante pour forcer ces passages étroits, ne

manquera pas de les franchir, si son action vient à augmenter.

Et si cette action augmentée peut bien transmettre les parties ignées du dedans au dehors, elle pourra de même les faire passer du dehors au dedans d'une pareille enveloppe, & animer du même mouvement les portions de feu qui seront enfermées comme elle dans son voisinage.

Ainsi de proche en proche toutes les portions de feu s'animeront, rompront leurs enveloppes, en dissiperont les fragments, & se mettront en liberté; de toutes les expansions particulières, il se fera une explosion totale, qui sera plus ou moins prompte suivant certaines conditions dont je vais parler. Mais avant que d'aller plus loin, il faut que je prévienne une difficulté qui se présente assez naturellement.

Pourquoi, dira-t-on, cette petite portion de feu enveloppée, comme je le suppose, brise-t-elle sa prison, & pourquoi en disperse-t-elle tous les débris, s'il est vrai qu'elle y trouve des passages ouverts pour s'échapper?

C'est que son activité est beaucoup

XIII.

LEÇON.

198 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII.

LEÇON.

plus grande que la liberté qu'elle a de s'échapper par ces issues trop étroites ; son explosion est sans doute un peu moins violente qu'elle ne feroit , si elle étoit plus exactement renfermée : mais elle ne doit pas être nulle ; une bombe qui auroit quelques crevasses , éclateroit , je l'avoue , avec moins de force , que si elle étoit bien entière , mais elle éclateroit toujours , comme on le peut croire.

Plus ces petites portions de feu enveloppées de ces vésicules fragiles & poreuses dont je viens de parler , seront nombreuses dans un même tout , plus elles auront de communication ensemble , plus ce tout sera combustible ; la moindre étincelle l'embrâsera dans toutes ses parties ; à peine en restera-t-il quelques vestiges. C'est ainsi que certaines matières s'enflamment d'abord , & se dissipent en très-peu de temps.

Mais si les enveloppes du feu ont plus de consistance , que leurs pores soient trop ou trop peu ouverts , que leur communication soit interrompue par des particules de matière d'une autre espèce ; alors les progrès de l'em-

brûlement seront ralentis, il faudra plus de temps pour que l'action du feu se transmette: & quand les parties du mixte les plus propres à céder à cette action auront été dissipées par l'inflammation; il en restera d'autres qui n'auront été qu'échauffées, & qui se seront conservées entières. Allumez de l'eau-de-vie, la partie spiritueuse sera enflammée & dissipée: mais l'eau, ou ce qu'on nomme le *flegme*, restera au fond du vase avec un peu de chaleur qu'elle aura acquise. Considérez encore ce qui arrive à une bûche que l'on met au feu; elle se détruit quant aux parties qui peuvent céder à l'action du feu que vous y appliquez: mais il vous reste dans la cendre, la terre & le sel fixe que ce même degré de feu n'a point entamés.

Ainsi une matiere est plus ou moins inflammable, selon que le feu qu'elle contient se trouve enveloppé de parties plus ou moins promptes à céder à son action, & que ces petits assemblages sont moins interrompus par des parties d'une espece différente.

Mais si le feu est présent par-tout, comme nous le supposons, il doit y

200 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII. en avoir aussi dans ces particules de
LEÇON. matieres qui retardent l'inflammation
des autres. On doit aussi considérer
ces corpuscules comme des ballons
dont l'intérieur est plein de feu ; &
comme tout est poreux, il y a aussi une
communication ouverte du dehors au
dedans ; comment ne crevent-ils pas
comme les premiers ? par quelle rai-
son restent-ils entiers ? en un mot
pourquoi l'embrâsement & la disper-
sion des parties n'est-elle pas générale ?
Le paragraphe précédent contient en
substance de quoi répondre à cette dif-
ficulté. Dans un corps mixte toutes les
parties qui renferment du feu dans
leur intérieur , ne sont pas également
disposées à céder au même degré d'ac-
tivité de cet élément ; telles se brisent
& se dissolvent d'abord , tandis que
d'autres ou plus consistantes résistent
à ce premier effort , ou plus poreuses
peut-être offrent au feu qui les dis-
tend , des issues par lesquelles il peut
s'échapper avec une promptitude pres-
que égale à son pouvoir expansif. Dans
la comparaison des globes de verre
creux nous les avons supposés tous
également fragiles ; mais si plusieurs

d'entre eux avoient cinq ou six fois ~~plus~~ plus d'épaisseur ; non-seulement ceux-ci demeureroient entiers, mais on conçoit aussi que par leur composition ils pourroient ou empêcher ou modérer la dissolution des autres.

XIII.

LEÇON.

Mais ces particules de matiere qui résistent communément à la premiere action du feu , se désunissent & se dissipent, ou se dissolvent comme les autres , quand cette action dure plus long-temps , ou qu'elle acquiert une plus grande intensité. Ainsi les parties les plus fixes des corps mixtes , le sel , par exemple , se convertit en liqueur , & la terre ou se vitrifie , ou devient une poussiere impalpable , & tous ces effets nous prouvent toujours une extrême division.

Il est presque inutile d'avertir que ces petits ballons remplis de feu , que nous supposons pour expliquer l'embrasement des mixtes , ne doivent pas être considérés comme quelque chose de sensible : ces petits êtres , s'ils existent tels que l'imagination nous les représente , quant à la forme , doivent être d'une telle finesse que le plus petit corps apperçu au microscope , en

202 LEÇONS DE PHYSIQUE

_____ contienne un grand nombre. La prodigieuse divisibilité de la matiere dont
XIII. **LEÇON.** nous avons donné des preuves dans la premiere Leçon, * & l'extrême subtilité du feu, qui est capable de tout diviser, nous autorisent à faire cette supposition. La fibre la plus mince tant du regne animal que du regne végétal, le plus petit grain de métal que les yeux puissent saisir, n'est donc qu'un assemblage imperceptible de tous ces petits êtres, de toutes ces petites masses composées elles-mêmes de plusieurs pieces; ayant cela de commun entr'elles que leur centre est occupé par une petite portion de feu, différant les unes des autres en ce qu'elles ne sont pas également capables de résister à tous les degrés d'expansion que ce fluide interne pourra exercer contre elles.

Nous pouvons ajouter encore que comme le feu est présent par-tout, non-seulement il occupe l'intérieur de ces petites masses où il est renfermé, mais il se loge aussi dans tous les petits vuides qu'elles laissent entr'elles; de sorte que ses pores remplis de feu, & communiquant les uns aux autres

jusqu'à la surface , sont toujours prêts à transmettre jusqu'aux parties les plus intimes l'action du corps enflammé qu'on applique extérieurement ; à peu près comme une traînée de poudre à laquelle on met le feu , va porter l'inflammation à la mine qui est cachée plus loin.

XIII.
LEÇON.

On voit par tout ce que je viens de dire que l'embrâsement des corps , est presque toujours plus grand que la cause visible d'où il procède , rentre dans l'ordre des phénomènes intelligibles , si l'on admet le mécanisme que je viens de supposer , si l'on se représente chaque portion de feu contenue dans une molécule de matière quelconque , comme un ressort antérieurement tendu & toujours prêt à rompre les liens qui le retiennent , dès que quelque effort auxiliaire viendra augmenter son activité.

Mais qui l'a tendu ce ressort ?

C'est un secret de la nature qui n'est pas encore bien dévoilé : mais quand il devrait ne l'être jamais , si le fait est certain , si le feu s'offre toujours à nous avec cette force expansive , si nous avons des raisons assez solides pour

XIII.

LEÇON.

croire que ce même feu avec cette propriété que nous lui connoissons , se trouve présent jusques dans les plus petites portions de matiere , cela suffit pour rendre raison du phénomène de l'inflammation & de ses progrès. Si j'avois formé un corps avec des grains de poudre à canon mêlés en suffisante quantité & liés ensemble , par l'intermede de quelque autre matiere moins inflammable , & que je misse le feu à quelques-uns de ces grains de poudre , l'inflammation deviendrait bientôt générale , & toute la masse disparoitroit ; seroit-il nécessaire alors , pour expliquer cet effet considéré en lui-même , que je fusse d'où la poudre tient sa vertu expansive ? Ne me suffiroit-il pas de savoir qu'elle est telle de sa nature , qu'elle s'allume avec explosion , & qu'un grain allumé en allume d'autres ? Et quand je n'en saurois jamais davantage , en serois-je moins fondé à dire que le bouleversement total & subit du composé dont elle faisoit partie , a été causé par la propriété qu'elle a de s'enflammer avec explosion ?

S'il est permis pourtant de conjec-

turer, quand on manque de raisons évidentes, je crois entrevoir la puissance contractive qui tend, pour ainsi dire, les ressorts du feu élémentaire dans l'intérieur des corps. On ne peut pas nier que la plus petite masse ne soit un assemblage de particules qui s'unissent non-seulement par *juxta-position*, mais par une force positive qui rend leur union d'autant plus solide, qu'elles se touchent de plus près & en plus de points. Que cette force soit inhérente dans la matiere, comme le veulent la plupart des Newtoniens d'aujourd'hui, ou qu'elle pousse extérieurement ces particules l'une vers l'autre, comme j'ai tâché de le faire entendre en parlant de la dureté & de la mollesse des corps; * c'est ce dont il ne s'agit point ici; les Physiciens partagés sur la nature de cette puissance conviennent tous qu'il y en a une; & c'est sur cet accord général que je vais fonder quelques raisonnemens.

Quand les parties de matiere s'approchent, & sont portées l'une vers l'autre pour former une petite masse, elles comprennent entr'elles une portion de feu qui se resserre dans un

XIII.

LEÇON.

* Tom. I.
pag. 446. &
suiv.

XIII. espace de plus en plus petit, à mesure que les particules de matière qui le renferment, s'approchent davantage.

Tant que ces particules de matière ne sont pas jointes jusqu'à un certain point, une partie de ce feu resserré dans des bornes trop étroites se fait jour, & s'échappe par les jointures encore trop larges pour s'opposer à son évasion; jusques-là ce feu renfermé n'est pas plus condensé, plus tendu, plus concentré que celui qui est libre aux environs.

Mais la puissance qui durcit les corps en serrant de plus en plus les particules dont nous parlons, les unes vers les autres, continuant d'agir, opere deux choses à la fois. Elle resserre davantage les jointures, & par une conséquence nécessaire elle diminue l'espace compris entre ces particules rapprochées. Delà il suit, 1°. que le feu s'y trouve plus resserré qu'auparavant, & dans un état de tension qui le fait réagir contre les parois de sa prison. 2°. Que cette réaction doit subsister & persévérer tant qu'elle n'est pas suffisante pour vaincre la difficulté que

le feu trouve à s'échapper par ses jointures trop serrées.

XIII.

Ainsi dans un corps qui n'est point enflammé, le feu qui est toujours en action, (car cet élément n'est jamais dans un repos parfait,) est en équilibre ou avec lui-même, quant aux parties qui sont libres dans les pores, ou avec les obstacles qui le retiennent, & qui empêchent qu'il ne se déploie, s'il est condensé.

LEÇON.

C'est peut-être par quelque mécanisme semblable, que l'air, tout expansible qu'il est, se concentre, pour ainsi dire, dans tous les corps, de manière que quand il s'en dégage, nous lui voyons occuper des espaces incomparablement plus grands que ceux dans lesquels il avoit été resserré par la seule opération de la nature. Le fait au moins est du nombre de ceux dont on ne peut douter, j'en ai rapporté les preuves ailleurs : * & cet exemple est d'un grand poids pour appuyer l'opinion de ceux avec qui je pense que le feu qui est renfermé dans les molécules des corps, est dans un état de contraction.

* *Tom.*
pag. 312. &
suiv.

Il est indubitable que le feu est tou-

XIII. jours en action, non-seulement dans les corps enflammés & qui se consomment par la dispersion de leurs parties, non-seulement dans les matieres qui sont sensiblement chaudes, mais même dans toutes celles qui n'ont que de ces degrés de chaleur foible que nous appellons *froid*. Mais de quelle espece est cette action ? est-ce un tourbillonnement de parties, d'où naisse une force centrifuge ? est-ce un simple mouvement de vibration ? C'est ce que je me dispense de rechercher ici, n'ayant rien à attendre de l'expérience pour l'éclaircissement de pareilles questions ; il n'est peut-être déjà que trop entré de conjectures dans cette premiere Section ; & la ferme résolution que j'ai prise d'en user toujours avec beaucoup d'épargne dans ces Leçons, m'en feroit retrancher une bonne partie, si je ne les croyois nécessaires pour conduire l'esprit à des connoissances plus certaines.

Au reste en essayant de deviner ce qu'on ne voit pas avec évidence, j'ose dire que je ne me suis pas écarté des principes connus, ni d'une certaine vraisemblance qui se tire des faits analogues.

analogues. La plupart des idées même que j'ai employées, sont adoptées par les Auteurs les plus célèbres, & l'on sentira encore mieux ce qu'elles peuvent valoir, quand on aura réfléchi sur les expériences & les observations que je ferai entrer dans les trois Sections suivantes.

XIII.
LEÇON.

II. SECTION.

Des moyens par lesquels on peut exciter l'action du Feu.

AU tant l'usage du feu nous est nécessaire, autant il nous est facile de nous le procurer, quand nos besoins le demandent; non-seulement parce qu'il est présent par-tout, mais encore parce que les moyens de le rendre sensible sont à la portée de tout le monde. Les Nations les moins instruites des secrets de la nature & des inventions de l'art, n'ignorent pas la manière d'allumer le feu; le Sauvage Américain le plus stupide ne doit rien à cet égard aux Européens qui ont fait la conquête de son pays, &

qui l'ont éclairé sur d'autres points.

XIII.

LEÇON.

Est-il naturel de penser avec quelques Savants de nos jours, que les premiers hommes aient été long-temps sans avoir l'idée du feu & qu'ils ne l'eussent jamais eue, si des forêts ne se fussent embrasées par le tonnerre ou par quelque autre accident, si des feux souterrains n'eussent formé des volcans, si des frottements ou des chocs purement fortuits n'eussent décelé cet élément caché dans le sein de la Nature? On passe dans les Ecoles plus d'un mois à prouver aux jeunes gens qu'Adam avoit reçu de Dieu toutes les sciences par infusion; l'ignorance qui fut bientôt après la punition de son péché, fut-elle donc assez générale pour lui ôter jusqu'à l'idée du feu? Oublia-t-il jusqu'à l'usage des éléments? quoi qu'il en soit, cette idée ne fut pas si long-temps à reparaître dans le monde; car sans parler de ce glaive de feu que le Chérubin faisoit flamboyer à la porte du Paradis terrestre, quand nos premiers parents en furent exclus, & des sacrifices d'Abel & de Caïn, qui probablement ne s'achevoient pas sans que

l'offrande fût consumée ; les Livres saints * nous apprennent que Tubal-
cain , qui vivoit au commencement du second siècle de l'univers , devint un fondeur & un forgeron très-habile ; ce qui suppose une grande connoissance du feu , & même une assez longue expérience de ses effets. Mais ne nous arrêtons pas davantage à ces sortes de questions , qui n'ont qu'un rapport assez indirect avec l'objet dont nous voulons nous occuper , & qui d'ailleurs ne sont pas d'une grande importance ; entrons en matière , & voyons comment on détermine le feu qui est caché dans l'intérieur des corps , à se manifester au dehors.

On peut rapporter à deux ou trois chefs tous les moyens que nous employons pour exciter le feu ; je dis pour exciter , afin qu'on ne confonde pas l'inflammation qui se communique avec celle qu'on fait naître ; car lorsqu'une bougie allumée met le feu à de la paille ou à du bois , ce n'est qu'une propagation de l'embranchement qui subsistoit déjà , & qui s'entretenoit dans la meche abrévée de cire fondue ; mais ce feu sensible de la bougie

vient primitivement d'une étincelle excitée par quelqu'autre moyen.

XIII.

LEÇON.

Celui dont on se sert le plus communément, c'est le choc réitéré, ou (ce qui est presque la même chose) le frottement des corps durs ; il n'y a point de corps solides qu'on ne puisse échauffer par cette voie, & il y en a peu dont la chaleur excitée ainsi, ne puisse être augmentée, jusqu'à étinceler, jusqu'à brûler : mais ces effets sont plus ou moins prompts, plus ou moins grands, selon la nature des corps choqués ou frottés, & selon la durée ou la violence du frottement.

Quant à la nature des corps, ceux qui ont le plus de densité, & en même temps le plus de ténacité & de ressort dans leurs parties, sont communément les plus propres à s'échauffer ou à s'enflammer par le frottement.

En second lieu, comme le frottement croît principalement par la pression, & par la vitesse du mouvement, plus la collision est violente, plus elle est fréquente ; plus aussi elle est efficace sur les mêmes corps. Les expériences que je vais rapporter, serviront de preuves & d'éclaircissements à ce court exposé.

PREMIERE EXPERIENCE. XIII.

PRÉPARATION. LEÇON.

Il faut tenir d'une main un de ces cailloux tranchants, qu'on nomme vulgairement *pierres à fusil*, & de l'autre main un morceau de vieille lime, un couteau fermé, dont la lame se présente par le dos, ou tout autre morceau d'acier trempé; heurter un de ces corps contre l'autre à plusieurs fois en glissant, & recevoir sur une feuille de papier blanc toutes les petites parties qui se détacheront par le choc réitéré.

E F F E T S.

Tout le monde fait que de cette collision il naît des étincelles qui sont véritablement du feu, puisque l'on s'en sert tous les jours pour allumer un morceau d'amadou, une meche soufrée, une chandelle, &c. Il faut observer de plus, que parmi ces étincelles il y en a qui pétillent d'un feu extrêmement brillant, qui se divisent, & qui ont une scintillation très-marquée, tandis que les au-

XIII. **LEÇON.** tres ne paroissent que rouges, & se précipitent d'une manière plus pesante. Enfin l'on peut remarquer sur le papier une espece de poussiere, ou une infinité de petits fragments dont plusieurs roulent, au gré de leur pesanteur, quand on incline le plan qui les soutient.

EXPLICATIONS.

Le tranchant du caillou heurtant vivement, & comme en grattant la superficie de l'acier, en coupe des parcelles qui se détachent, & que la secousse fait sauter en l'air. Ces parties qui s'arrachent ainsi sont très-petites, parce que l'acier trempé qui est fort dur, ne se laisse entamer que très-difficilement: ainsi dans cette opération une très petite partie de métal recoit un très-grand choc.

Or s'il est vrai, comme nous l'avons dit dans la premiere Section, que cette petite masse soit un assemblage de petits ballons, dont chacun soit rempli par une petite portion de feu élémentaire toujours animé d'une force expansive, il est naturel que le choc, qui est très-grand,

par rapport à une si petite quantité de matière, fasse ici deux choses, la première, qu'il comprime & qu'il ébranle toutes les parties qui tiennent le feu renfermé entr'elles; la seconde, qu'il augmente de quelques degrés le mouvement ou l'activité de ce même feu: d'où il doit arriver, ou que la molécule d'acier se dissolve jusques dans les moindres parties, ou si l'effet ne va pas jusqu'à la dissolution, on peut au moins s'attendre de voir briller le feu à travers de tous les pores dilatés du métal qui résiste à son entière expansion.

Voilà les conséquences que nous pouvons tirer des principes que nous avons supposés précédemment, & c'est aussi ce que l'expérience nous met sous les yeux; car ces étincelles mortes, qui sont à peine rouges, & qui tombent pèsamment, ne sont que des fragments de métal qui ont une forme à peu près semblable à celle de ces petits copeaux qu'on nomme *limaille*; ce qui fait bien voir que leur degré de chaleur n'a pas excédé celui qui fait simplement rougir le mét

XIII

LEÇON

~~tal~~ : mais les autres étincelles, celles
 XIII. qui scintillent & qui éclatent, sont
 LEÇON. des particules d'acier qui se sont
 échauffées jusqu'à se fondre, & sou-
 vent même jusqu'à se brûler & perdre
 une partie de leurs principes.

On peut aisément se convaincre de
 tout ce que j'avance ici, en exami-
 nant avec un microscope cette poussière
 qu'on trouve sur le papier blanc
 quand on a fait étinceller l'acier avec
 le caillou : les fragments de celui-ci
a, a, a, Fig. 1. se distinguent aisément
 par leur couleur & par leur transpa-
 rence : celles du métal *b, b, b, b,* sont
 des petites pièces minces, anguleuses,
 irrégulières & quelquefois luisantes,
 telles qu'elles doivent être en cédant
 au tranchant qui les détache de la
 masse ; ou bien ce sont des boulettes
 bien arrondies, *c, c, c, c,* dont les
 unes encore attirables par l'aimant,
 conservent toute la dureté qui con-
 vient à l'acier ; les autres refusant
 quelquefois (quoiqu'assez rarement)
 de s'attacher au couteau aimanté,
 s'écrasent sous l'ongle comme le corps
 le plus friable.

La figure sphérique de ces petits
 corps

corps ne permet pas de douter qu'ils n'aient été un instant en fusion; c'est celle que prennent & que doivent prendre toutes les matieres amollies qui se trouvent librement plongées dans un fluide, comme l'étoient dans l'air ces petites masses d'acier au moment de leur scintillation; & l'on ne conçoit pas qu'elles aient pu s'arrondir de la sorte par la façon seule dont elles ont été détachées. Les deux différens états de ces globules nous autorisent à croire que les uns (ceux qui sont durs, & que l'aimant attire encore) n'ont été que fondus simplement; & que les autres par un degré de feu plus violent, ont passé la simple fusion & se sont convertis en scories.

Ce qui me fait penser ainsi, d'après M. Hook *, qui me paroît être le premier qui ait examiné ces fragments d'acier au microscope, c'est une expérience que M. de Réaumur me fit faire autrefois pour éclaircir quelques faits qui ont beaucoup de rapport à celui que j'explique maintenant, ou plutôt qui en sont des dépendances. On engage la tête d'une aiguille à coudre

* *Extraits de la Micrographie de M. Hook. Journ. des Sc. du 20. Déc. 1666.*

XIII.

LEÇON.

dans un petit manche de bois pour la tenir commodément; on mouille un peu la pointe de cette aiguille, & on l'applique ensuite contre un grain de limaille d'acier extrêmement fin, qui ne manque pas de s'y coller; on place ensuite l'aiguille dans la flamme d'une bougie, de façon que sa pointe & environ un tiers de sa longueur en soient dehors, *Fig. 2.* Dans un temps très-court la partie de l'aiguille qui est hors de la flamme devient rouge, & la chaleur ayant gagné jusqu'au bout, on voit le petit grain de limaille prendre aussi différents degrés de couleur & de chaleur. Si l'on se contente de le faire rougir seulement, il ne perd ni sa dureté ni sa forme, qu'on retrouve les mêmes quand il est refroidi: mais s'il est échauffé jusqu'à blancheur, & jusqu'à scintiller, alors on remarque qu'il s'est tuméfié & comme arrondi; & le plus souvent il s'écrase sous l'ongle à la moindre pression, ce qui prouve bien qu'il est scorifié.

On ne doit pas être surpris que toutes les particules d'acier, quoique détachées par le même choc, & du même morceau, aient pourtant un sort

si différent. La pierre qui heurte comme en glissant, n'attaque peut-être pas avec un égal degré de force toutes les particules qu'elle arrache; ces particules elles-mêmes sont plus grosses les unes que les autres, & l'on peut encore présumer que les portions de feu qu'elles renferment ne sont pas toutes également disposées à se mettre en action. Ces différences qu'on peut raisonnablement supposer, & peut-être bien d'autres encore qu'il ne nous est pas possible de faire entrer en compte, parce que nous ne connoissons pas assez l'état intérieur des corps, sont plus que suffisantes pour donner lieu à toutes ces variétés.

Ce qui paroîtra peut-être plus surprenant, & ce qui le parut en effet à plusieurs savants Chymistes il y a dix ou douze ans (a), c'est que l'acier

(a) Sur la fin de l'année 1736, M. Kemp du Kerkwyk d'Utrecht, réveilla l'attention des Savants sur ce phénomène de l'acier enflammé & fondu par le choc du caillou, en leur proposant un problème ainsi énoncé : « Quand on frappe l'acier contre une pierre à fusil, on trouve que les étincelles reçoivent sur un papier

XIII.

Leçon.

220 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII.
LEÇON. puisse en si peu de temps, & par une cause en apparence si légère, rougir, se fondre, se scorifier.

Mais on revient de cet étonnement quand on fait attention d'une part à la nature de l'acier, qui contient une très-grande quantité de matiere in-

» blanc & portées au microscope, sont la plupart
» de l'acier fondu, scorifié ou vitrifié, que l'ai-
» mant n'attire plus. Or je demande, 1°. lequel
» des deux instruments contribue à cette des-
» truction ? 2°. Quelle substance est employée
» à cela ? 3°. De quelle maniere cela se fait ou
» doit se faire ? 4°. Le fer étant employé au lieu
» d'acier, pourquoi ces étincelles scorifiées se
» présentent-elles plus rarement & presque
» pas ? Ces demandes paroissent insolubles, par-
» ce qu'on ne sauroit presque s'imaginer que
» le fer qui demande un feu violent pour se
» mettre en fusion, soit dans l'instant du coup,
» non-seulement fondu, mais tout-à-fait détruit.

M. Muschenbroeck, qui étoit alors Profes-
seur à Utrecht, envoya cet énoncé à M. Du-
fay, pour le remettre à M. de Réaumur, qui
donna la solution du problème dans toutes ses
parties, ce qui fit la matiere d'une Disserta-
tion fort instructive, quoique très-courte,
qu'on trouve imprimée dans les Mémoires de
l'Académie des Sciences pour l'année 1736.
C'est principalement de cet écrit que j'ai tiré
les éclaircissements nécessaires pour expliquer
les deux premières expériences de cette sec-
tion, c'est-à-dire, celle des étincelles tirées
de l'acier, & celle qui va suivre.

EXPÉRIMENTALE. 221

flammable, à celle du caillou même, dont le soufre se manifeste par une odeur très-sensible, quand on heurte l'une contre l'autre deux pierres de cette espèce; & quand on considère d'une autre part l'extrême petitesse du morceau de métal qui s'embrâse: car ce choc qui ne paroît pas fort considérable à bien des égards, est immense par rapport à la petite quantité de matière sur laquelle il agit.

XIII.

Leçon.

II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

A Fig. 3. est un lingot d'antimoine fondu avec deux fois son poids de fer, que l'on jette dans le creuset en petites lames minces, afin qu'elles se mettent plus aisément en fusion, & que l'on remue à mesure qu'elles se fondent pour faciliter le mélange. * Ce lingot est assujetti dans un étau, qui tient solidement à une table, & l'on fait passer dessus à plusieurs reprises, une grosse lime neuve, d'un bout à l'autre, en appuyant fortement, comme on fait quand on veut dégrossir un morceau de métal.

* Voyez les
Mémoires de
l'Acad. des
Scienc. 1736
p. 398.

E F F E T S.

XIII.
LEÇON.

A chaque coup de lime on voit une traînée de grosses étincelles qui s'élancent en avant, & qui tombent sur la table; les unes éclatent d'une lumière blanche & scintillent; les autres ne sont que rouges & ne pétillent point. Quand on les reçoit sur un morceau de papier, elles le brûlent & le trouent en plusieurs endroits; & quand on les examine au microscope, on voit clairement que ce sont des parties détachées du lingot, dont les unes ressemblent, à peu de chose près, à la limaille ordinaire de fer ou d'acier, & les autres sont arrondies & d'une surface très-lice.

E X P L I C A T I O N.

Dans cette expérience la lime fait sur le lingot, à quelques différences près dont je vais parler, ce que le caillou tranchant a fait dans la précédente sur le morceau d'acier trempé; elle a entamé dans plusieurs endroits cette masse dure & cassante dont elle a détaché des petites parties en les heurtant & en les pressant avec

violence ; & comme ces particules renfermoient du feu , le choc qu'elles ont souffert a mis cet élément en action ; & selon qu'elles lui ont opposé plus ou moins de résistance , les unes ont été échauffées jusqu'à rougir seulement , les autres l'ont été jusqu'à la fusion , ou même jusqu'à la scorification.

XIII.

LISON.

Les parties du lingot que la lime détache , sont beaucoup plus grosses & en plus grand nombre , que celles de l'acier , qui cedent au tranchant du caillou , parce que cette composition de fer & d'antimoine a beaucoup moins de dureté que le métal pur & durci par la trempe. D'ailleurs la lime dont on se sert ici , par sa longue & large surface toute hérissée de pointes tranchantes , doit faire un grand nombre de fois , lorsqu'on la traîne sur le lingot , ce que la pierre à fusil ne peut opérer qu'une seule fois , à chaque coup , lorsqu'on lui fait gratter l'acier.

Une raison qu'on peut alléguer encore , c'est que la lime étant un corps long , son frottement est continu ; les parties qui cedent à la fin du coup ont été déjà ébranlées , & fortement

224 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII.

LEÇON.

échauffées par une infinité de petits ehocs & de pressions qui ont précédé, & qui ont déjà mis le feu intérieur de la masse en mouvement, comme on peut s'en convaincre en portant le doigt à l'endroit où l'on a fait passer la lime. Voilà sans doute pourquoi ces parties, quoique communément beaucoup plus grosses que celles de l'acier qui sont détachées par la pierre à fusil, ne laissent pas cependant que de s'échauffer assez pour devenir rouges & pour se fondre, ce qu'elles font rarement & difficilement quand on les détache, en battant le lingot contre le caillou.

Mais la cause principale de leur inflammation, c'est la grande quantité de matiere sulfureuse dont elles sont remplies; le fer, comme on fait, en contient beaucoup; mais l'antimoine en a bien davantage; ces deux matieres unies ensemble par la fusion, forment, en refroidissant, un corps très-propre à faire feu contre une lime; le fer donne à l'antimoine la dureté qu'il lui faut pour ne se laisser entamer que par un choc violent, & l'antimoine ajoute au fer tout ce

qu'il lui faut de matiere inflammable pour prendre feu dans le moment de la percussion; car ce n'est point assez qu'il y ait du feu dans un corps pour qu'il se manifeste aussi-tôt qu'on l'excite; il faut que ce feu trouve autour de lui des matieres prêtes à céder à son action, & à se mettre en mouvement avec lui; & ce sont ces matieres que l'on appelle inflammables, qui parsemées en plus ou moins grande quantité dans un corps quelconque, font que ce corps s'échauffe ou s'enflamme plus ou moins facilement qu'un autre.

XIII.
LEÇON

III. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

B, *Fig. 4.* est une espece de fuseau de bois un peu ferme, comme de chêne, de noyer, de poirier, de hêtre, &c. dont les pointes sont un peu camuses, & au milieu duquel on a creusé une place pour la corde d'un archet. Un homme appuie contre sa poitrine une petite planche de quel qu'un des bois que je viens de nommer, & dans laquelle on a commencé

226 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII.

LEÇON.

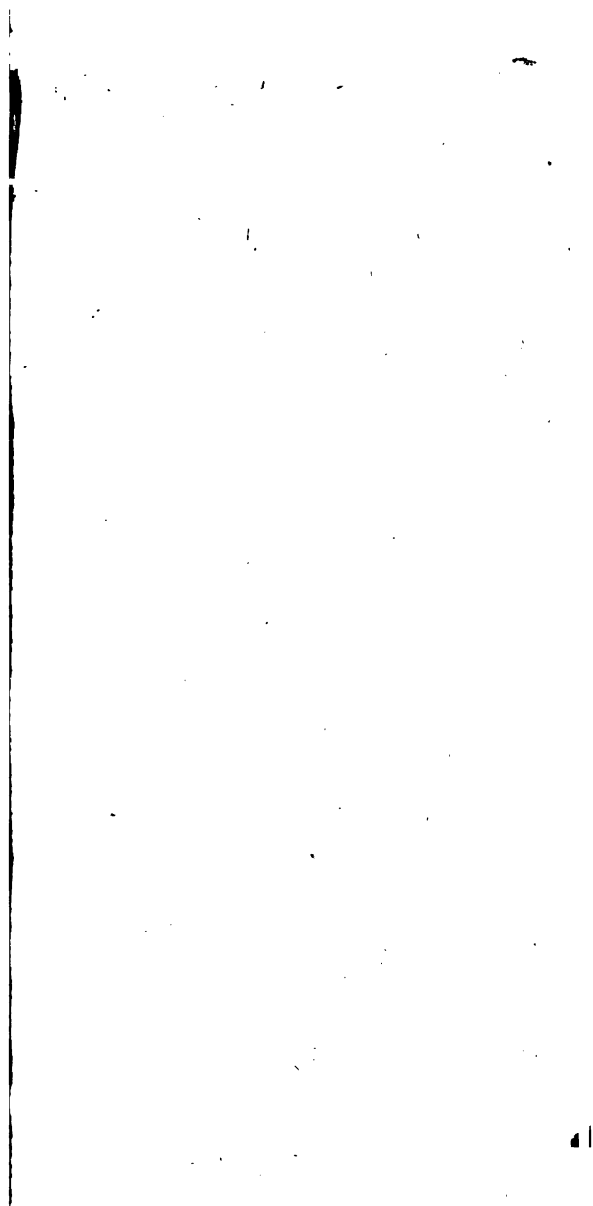
un trou ; il met un des bouts du fuseau dans ce trou , & l'autre bout dans un autre trou fait à une semblable planche , qui est assujettie contre la muraille ou dans un étau. Ensuite en appuyant avec son corps , il fait aller & venir l'archet vivement , comme on voit faire à un Serrurier qui perce un morceau de fer avec un forêt.

E F F E T S.

Peu de temps après que le fuseau a commencé à tourner , on voit le bois changer de couleur & se roussir aux endroits du frottement ; il s'en élève de l'odeur , ensuite de la fumée , & bientôt après on voit paroître du feu avec lequel on peut allumer de l'amadou , une meche soufrée , ou quelqu'autre corps combustible.

E X P L I C A T I O N.

Comme il y a du feu dans tout , il y en a par conséquent dans le bois ; ce feu excité par le frottement fait effort pour briser les petites loges dans lesquelles il est renfermé : mais ces petites cellules sont presque toutes faites de ces matieres que nous nom-





mons inflammables, c'est-à-dire qui cedent le plus aisément à l'action du feu. Il faut bien que cela soit ; car si l'on met le feu à une grande quantité de bois, la cendre qui est la seule partie que le feu ne dissipe point, est bien peu de chose en comparaison de ce qui disparoit. Ainsi dans notre expérience ce sont les parties les plus volatiles du bois qui commencent par s'exhaler en odeur & en fumée, les autres rougissent & forment du charbon.

C'est par une pratique assez semblable à celle qu'on vient de voir, que les Indiens allument du feu pour leurs besoins les plus communs : ils appuient un bâton pointu dans un morceau de bois un peu creusé, & ils le font tourner entre les deux mains, comme cet instrument avec lequel nous faisons mousser le chocolat.

Un bois qui seroit trop tendre ne réussiroit pas bien, parce qu'il s'arracheroit par petits morceaux avant que ses parties moindres pussent éprouver un frottement assez rude pour animer le feu qu'elles renferment ; peut-être aussi parce qu'étant très-poreux, il

XIII.
LIÇON.

228 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII. **LEÇON.** laisseroit trop aisément échapper le feu qu'il contient entre ses molécules; ce qui empêcheroit cet élément de recevoir le degré d'activité qu'il lui faut pour enflammer.

On conçoit bien aussi qu'il ne faut pas prendre un bois trop verd ou abreuvé d'eau; car les parcelles de feu seroient éteintes à mesure qu'elles s'allumeroient.

Un bois trop sec, trop vieux, n'est pas non plus ce qu'il faut, parce qu'il a perdu la plus grande partie de ses substances les plus promptes à recevoir & à transmettre l'inflammation. La plupart des bois durs, sur-tout ceux qui viennent des Indes, sont presque toujours propres à s'enflammer par le frottement; quelque secs qu'ils soient, ils ont naturellement tant de parties grasses & sulfureuses, qu'il leur en reste toujours assez. Il y en a même tels qui en ont trop, & dont le frottement ne seroit pas assez rude à cause de l'huile qui transsudeoit des pores & qui se trouveroit interposée en assez grande quantité entre les surfaces frottantes. Les Indiens, guidés seulement par l'expé-

rience, préfèrent pour cet usage le bois de fer (a) aux autres especes; & **XIII.**
 l'on trouvera qu'ils ont raison d'en **LISON.**
 user ainsi, en faisant attention à la nature de ce bois qui est très-dure, & par conséquent en état d'être frotté avec violence, & qui n'est point gras comme la plupart des autres bois du même pays, qui pourroient approcher de sa dureté.

IV. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Il faut mettre entre deux papiers un peu épais, gros comme un très-petit pois de ce Phosphore, qui porte communément le nom de Kunkel, un de ses premiers inventeurs (b); appuyer le tout sur le

(a) *Sideroxylon.* C'est un bois dont la couleur est d'un rouge un peu brun; il est très-dur & fort pesant; les Indiens en font une espece de massue, qui est leur arme la plus commune.

(b) On le nomme assez souvent aussi *Phosphore d'Angleterre*, parce que pendant un temps assez considérable M. Gotfritch-Hantkuit, Chymiste Apothicaire de Londres, qui en avoit reçu le procédé de Boyle, a été pres-

230 LEÇONS DE PHYSIQUE

===== bord d'une table, & frotter dessus
XIII. avec le manche d'un couteau, ou
LEÇON. avec quelque'autre chose à peu près
semblable.

E F F E T S.

En très-peu de temps ce Phosphore s'allume, enflamme les deux morceaux de papier, & répand dans l'endroit où l'on fait cette expérience, une odeur forte, assez semblable à celle de l'ail.

E X P L I C A T I O N S.

Le Phosphore dont il s'agit ici, est une de ces découvertes par lesquelles

que le seul qui en fît commerce, & qui en fournît aux Physiciens & aux curieux. Quoiqu'on fût en général la maniere de le faire, il y a dans la manipulation quelques tours de main qu'on avoit tenu secrets, & qui faisoient que très-peu de personnes y avoient réussi. Présentement tout le mystere est révélé : on fait ce Phosphore en Allemagne & en France tout communément ; & on le fera par-tout ailleurs si l'on veut suivre exactement le procédé que l'Académie des Sciences a rendu public dans ses Mémoires pour l'année 1737, après les épreuves qui en ont été faites avec un plein succès par Messieurs Dufay, Hellot, Geoffroy & Duhamel ; & dont j'ai eu le plaisir d'être témoin.

un heureux hafard vient quelquefois dédommager le laborieux Artifte d'un grand nombre de tentatives entreprises avec des vues chimériques & faites fans succès. Presque tous ceux qui se font entêtés du grand œuvre, ont cherché ce que l'imagination leur faisoit concevoir de plus précieux dans leur art, cet Agent universel, qui doit, selon eux, convertir en or les autres métaux; ils ont, dis-je, cherché cette pierre philosophale, dans tout ce qu'il y a de plus méprisable & de plus méprisé par le reste des hommes, dans leurs propres excréments. C'est en traitant l'urine avec cette trompeuse espérance, qu'un Chymiste Allemand (a) rencontra cette matiere lumineuse & brûlante, qu'on peut regarder comme une des plus curieuses découvertes du dernier siècle.

XIII.

LEÇON.

(a) Brandt, Bourgeois de Hambourg, fit le premier la découverte du Phosphore d'urine en l'année 1677. Peu de temps après Kunckel, autre Chymiste Allemand, jaloux de cette nouveauté, fit tant par un travail opiniâtre, qu'il parvint à le découvrir; & comme il avoit plus de réputation que Brandt, l'usage a prévalu pour appeler cette préparation d'urine *le Phosphore de Kunckel*.

232 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII. Comme j'aurai lieu de parler dans la suite des différentes especes de **LEÇON.** Phosphore, & de la propriété qu'ils ont de répandre de la lumiere dans l'obscurité, pour le présent je ne considere dans celui-ci que la facilité avec laquelle il prend feu, quand on le frotte ou quand on l'écrase.

Cette grande inflammabilité lui vient, sans doute, de la nature & de l'état actuel des parties; quoique ce soit toujours un secret très-difficile à pénétrer, que la connoissance des corps approfondie jusques dans leurs parties constituantes, on peut cependant former ici des soupçons légitimes, & se faire des notions assez vraisemblables, en considérant d'une part ce qui se passe quand on fait le Phosphore d'urine, & d'une autre part ce qui se présente quand on le décompose.

1°. On fait évaporer l'urine dans une chaudiere de fer qu'on tient sur le feu; & l'on pousse l'évaporation jusqu'à ce que tout soit réduit en une matiere grumuleuse, dure, noire, à peu près semblable à de la suie de cheminée. Par cette premiere préparation,

ration, la plus grande partie de l'humide & du volatil est enlevée.

XIII.

LEÇON.

2°. On fait calciner cette matiere dans une marmite de fer que l'on fait chauffer jusqu'à rougir, & l'on continue jusqu'à ce que toute la matiere calcinée & pulvérisée ne fume plus. Cette seconde préparation fait évaporer le reste du sel volatil & l'huile fétide.

3°. Sur fix à sept livres de cette matiere calcinée on jette sept à huit pintes d'eau commune : on agite le tout pendant quelque temps; on incline ensuite le vaisseau pour jeter l'eau, & l'on fait sécher la matiere lessivée qui reste au fond. Par cette troisieme opération on enleve une grande partie du sel fixe, & il n'en reste que ce qui est nécessaire pour le succès.

4°. Avec trois livres de cette matiere calcinée, lessivée & desséchée, on mêle une livre & demie de gros sable ou de grès jaunâtre, & quatre à cinq onces de charbon de hêtre pilé. L'on humecte le tout avec une demi-livre d'eau commune pour en faire une pâte que l'on a soin de bien manier, afin que le mélange soit plus

334 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII. LEÇON.

parfait. Le sable & le charbon qu'on y fait entrer servent à raréfier la préparation d'urine, & donnent lieu au fer de l'attaquer en toutes ses parties.

5°. Enfin, l'on met cette pâte dans une cornue, & la cornue dans un fourneau de réverbère où l'on entretient pendant vingt-quatre heures un feu qui commence par les premiers degrés pour ménager les vaisseaux, mais qui est poussé ensuite aussi loin que celui d'un four de verrerie. Voilà en gros ce qui se passe dans la préparation du Phosphore d'urine (a).

(a) Ce n'est point ici une instruction d'après laquelle on puisse entreprendre de faire le Phosphore : ce n'est qu'un précis des principales opérations, relatif à l'explication de notre expérience. On doit s'instruire des détails par la lecture du Mémoire de M. Hellot, que j'ai déjà indiqué. Par la même raison * que je supprime les descriptions circonstanciées qui seroient nécessaires pour construire les machines & les instruments que je fais servir aux expériences rapportées dans cet Ouvrage, je m'abstiens aussi d'y faire entrer les procédés qu'on doit suivre pour préparer certaines matières dont je fais usage ; en attendant que je mette au jour l'Ouvrage dans lequel je compte

* *Préface*
pag. xxxj.

Quant à sa décomposition , voici XIII.
 ce qui arrive : le Phosphore se dissout LEÇON.
 quand on l'expose à l'air , & il reste
 dans le vaisseau une liqueur très-aci-
 de , qui est un véritable esprit de sel ,
 puisque le *deliquium* ne fait point de
 précipité avec l'huile de chaux , &
 qu'il précipite la dissolution d'argent
 en *Lune cornée*.

Il paroît donc que dans la prépara-
 tion du Phosphore d'urine l'acide du
 sel commun s'unit à une matiere gras-
 se , dans laquelle il est fortement con-
 centré ; & l'on ne peut douter que
 ces matieres extrêmement divisées ,
 & longuement travaillées par le feu
 le plus violent , ne retiennent entre
 elles une quantité prodigieuse de par-
 ticules ignées , qui n'attendent que la
 plus légère cause pour rompre & dis-
 soudre ce qui les retient , pour faire
 une inflammation.

Ainsi le frottement d'un manche
 de couteau , un corps dur qui broyé ,
 sont des moyens plus que suffisants
 pour enflammer d'un feu très-vif le
 rassembler toutes ces instructions , je me con-
 tenterai d'indiquer dans celui-ci les différents
 Auteurs , dont la lecture pourra y suppléer.

 XIII.
 LEÇON.

petit grain de Phosphore renfermé entre les deux morceaux de papier. Mais comme le feu anime des parties extrêmement subtiles & pénétrantes, il convient que le papier soit un peu épais, afin d'arrêter, pour ainsi dire, son action, & d'empêcher qu'elle ne se dissipe trop vite.

Lorsqu'on allume ainsi du Phosphore, s'il arrivoit qu'il s'en attachât aux doigts, on souffriroit une brûlure très-douloureuse, & qui augmenteroit d'autant plus qu'on feroit effort pour emporter cette matiere en l'essuyant avec un linge ou autrement : car plus elle seroit frottée, plus elle deviendroît ardente ; & comme elle est extrêmement active & pénétrante, en très-peu de temps elle peut faire un progrès considérable. Le remede le plus efficace, & même le seul que l'on connoisse jusqu'à présent pour arrêter cette brûlure, & calmer la douleur qu'elle cause, c'est de tremper promptement la partie offensée dans l'urine ; cette liqueur porte apparemment sur la plaie quelque substance propre à se saisir des parties du Phosphore que l'inflammation anime,

ou peut-être à les embarrasser de manière qu'elles perdent leur activité. XIII.

On fait encore avec ce même Phosphore plusieurs autres expériences curieuses, mais qui ont plus de rapport à la lumière qu'au feu, & que je renvoie pour cette raison au volume suivant. LEÇON

APPLICATIONS.

On peut regarder les quatre expériences que je viens de rapporter, comme des exemples tirés exprès des trois regnes qui comprennent toutes les substances terrestres, pour prouver que l'inflammation, & à plus forte raison une grande chaleur peut naître par le frottement, ou par un choc réitéré, dans toutes sortes de corps : la première & la seconde mettent cette vérité en évidence par rapport aux minéraux; la troisième fait voir la même chose à l'égard des végétaux; & par la quatrième on apprend que les matières animales peuvent avoir le même sort, sur-tout quand elles ont reçu certaines préparations; & l'on peut partir de ce principe, qui est un fait, pour rendre raison d'une

infinité de Phénomènes qui s'offrent
XIII. continuellement à nous.

LEÇON. Pourquoi par exemple, les pointes d'un tour s'échauffent-elles si promptement, quand on néglige d'y mettre de l'huile? Pourquoi les pivots des grandes machines, les aissieux des roues de carrosses, &c. mettent-ils le feu aux bois dans lesquels ils roulent, lorsqu'on oublie de les graisser? C'est qu'en général le fer & l'acier deviennent ardents, lorsqu'ils sont fortement frottés; & dans le cas dont il est ici question, le frottement est toujours très-considérable à cause de la grande pression des surfaces; ce frottement diminue beaucoup, & n'a pas non plus les mêmes effets, quand on met quelque matière grasse ou quelque fluide entre les parties frottantes, par des

* *Tom. I.*
pag. 247.

raisons que j'ai rapportées ailleurs. *
 Les coups multipliés échauffent aussi le métal très considérablement; j'ai pris plaisir quelquefois à voir rougir des petites verges d'acier médiocrement chauffées, qu'un forgeron expérimenté battoit promptement avec un moyen marteau sur une enclume. Tout métal s'échauffe sous le marteau; l'Or

fevre qui forge à froid l'or & l'argent, l'Horloger qui plane du cuivre pour faire une platine de pendule, sont obligés de laisser refroidir les pieces qu'ils ont battues, pour les manier; & il en est de même du plomb & de l'étain.

XIII.
LEÇON.

Mais ce qu'il faut remarquer, c'est que les métaux les plus durs, ceux dont les parties ont plus de ressort, sont aussi les plus prompts à s'échauffer par les coups de marteau, & aussi les plus susceptibles d'un grand degré de chaleur; le même nombre de coups, par exemple, ne rend point le plomb aussi chaud que l'acier; car ce dernier métal peut être battu jusqu'à rougir, comme on vient de le voir, & si l'autre pouvoit acquérir autant de chaleur, il se fondroit, ce qu'on ne voit guere lui arriver sous le marteau.

Le Vitrier façonne le plomb qu'il met aux vitres, en le faisant passer en lingot ou en verges quarrées par une espece de moulin qui le presse considérablement, & qui le fait s'allonger en lui donnant la forme. L'Orfèvre prépare les moulures dont il orne les bords de la vaisselle, en tirant à la

XIII. **LEÇON.** filiere des bandes de métal applaties. Dans ces différentes opérations le métal s'échauffe tellement qu'on ne peut pas le toucher sans se brûler; & cela vient de la forte pression qu'il éprouve sous les rouleaux, ou entre les jumelles de l'instrument qui le façonne.

Le ciseau dont on se sert pour couper le fer à froid, ou même quelque autre métal dur, devient si chaud qu'on est obligé de le mouiller de temps en temps avec de l'eau, de crainte qu'il ne perde sa trempe; cette chaleur lui vient d'avoir été fortement pressé entre les deux parties qu'il divise, ce qui est équivalent à des coups de marteaux qu'il recevrait de part & d'autre, sur l'extrémité de ses faces, près du tranchant. C'est encore par la même raison que tous les outils dont on se sert pour tourner ou pour percer les métaux à froid, brûlent les doigts de celui qui les touche imprudemment.

L'acier ou le fer aigri par quelque mélange n'est pas le seul métal que le frottement ou la percussion échauffe jusqu'à le faire devenir ardent, ou étinceler; les fers des chevaux, les bandes des roues de voitures sont souvent du feu

feu en glissant sur le pavé de grès ; & si l'on ne voit pas la même chose arriver, quand on heurte un morceau de fer doux contre une pierre à fusil, c'est que le frottement n'est ni si rude, ni aussi continu que dans la glissade dont nous parlons ; & que la particule de fer détachée par le tranchant du caillou est apparemment trop grosse, pour être embrasée par le degré de chaleur que ce choc est capable d'exciter. Un moindre frottement du fer contre le pavé se feroit aussi sans feu ; un paysan qui a des clous sous ses souliers, ne nous fait pas voir fréquemment des étincelles comme le cheval en marchant, quoiqu'il glisse comme lui. Ce qui n'arrive pas pour l'ordinaire, peut arriver pourtant ; & c'est agir très-sagement que d'exclure, comme on fait, des moulins & des magasins à poudre, tout ce qui peut occasionner les frottements du fer, même le plus doux, contre le grès, le caillou, le sable, &c.

S'il n'y a que le frottement ou le choc des corps durs qui puisse chauffer le métal jusqu'à l'embrâser ; heurté, ou frotté par d'autres corps d'une moindre consistance, il ne laisse pas que de

XIII.

LEÇON.

recevoir un degré de chaleur assez considérable ; le Polisseur en fait prendre sensiblement à l'acier, à l'or, à l'argent, &c. avec le bois, le feutre, ou le morceau d'étoffe dont il se sert pour frotter sa pièce. Mais nous ne voyons pas que les fluides fassent la même chose : qu'on expose une barre de fer au courant d'eau le plus rapide, au bout d'une heure, d'une journée même, elle n'en paroîtra pas plus chaude, & l'on se sent naturellement porté à croire que tous les fluides auroient le même effet.

* Boerhaave,
Elem. Chem.
pag. 100.

Cependant un Savant du premier ordre * s'est mis en devoir d'expliquer pourquoi un boulet de canon devient chaud en traversant l'air : il attribue cet effet au frottement que le métal éprouve de la part de l'Atmosphère dans laquelle il se meut, dit-il, non-seulement avec une vitesse de 600 pieds par seconde, en avant, mais encore en tournant avec une certaine rapidité sur quelqu'un de ses diamètres. (a).

(a) La vitesse d'un boulet de canon, lorsqu'il sort de la pièce, est bien plus grande que Boerhaave ne le suppose ici. Par les expériences que j'en ai faites aux Ecoles de l'Artillerie, il m'a paru qu'un boulet chassé par une charge de poudre égale au tiers de son poids, parcourait

On doit être content de cette explication, si le fait est certain; c'est-à-dire, si le boulet s'échauffe véritablement en traversant l'air. Je dis si le fait est certain, parce qu'on le suppose, sans dire qu'on l'ait vérifié; & j'ai de fortes raisons pour croire qu'un boulet, s'il est chaud, quand on le ramasse, tient sa chaleur de toute autre cause que du frottement de l'air.

XIII.

LEÇON.

1°. Quand un boulet s'élance par l'impulsion de la poudre, il heurte, il traîne, il roule peut-être contre les parois du canon; toutes ces secousses doivent l'échauffer; & quand on compteroit pour rien l'action de la poudre enflammée, à cause du peu de temps qu'elle a pour communiquer sa chaleur, on doit compter sur celle de la pièce, à moins que ce ne soit le premier coup qu'elle tire, ou que le boulet, par un service extrêmement prompt, n'ait pas eu le loisir de s'y échauffer; ce qu'on ne doit supposer que dans le cas d'un boulet qui parcourt environ 200 toises dans la première seconde de temps. D'ailleurs je doute fort qu'un boulet acquière, en sortant de la pièce, un mouvement de rotation sur un de ses diamètres, si ce n'est dans le cas où il ne seroit pas de calibre, & si l'on ne bourroit point par-dessus.

cas d'une expérience faite exprès.

XIII.

LEÇON. 2°. Lorsque le boulet tombe, avant qu'on le puisse ramasser, il a heurté violemment contre des obstacles durs, ou il a bondi plusieurs fois sur la terre; & par-tout où il touche, il souffre un frottement très-violent, à cause du mouvement de rotation qu'on peut légitimement lui supposer alors.

Ainsi je vois clairement que le boulet a pu s'échauffer dans la pièce même d'où il est sorti, ou dans sa chute; & à moins qu'on ne me dise qu'on a fait une expérience exprès, & que l'on a pris toutes les mesures nécessaires pour n'avoir rien à attribuer aux causes que je viens de citer, je ne puis me résoudre à croire qu'un boulet de canon s'échauffe sensiblement en deux ou trois secondes de temps, par le seul frottement de l'air.

Si le fait étoit duement constaté, il faudroit bien le croire; on conviendra cependant qu'il nous offriroit d'étranges conséquences; arrêtons-nous seulement à celle qui se présente la première. Le frottement qu'un boulet de canon éprouve dans l'air en le traversant, peut être regardé comme celui

d'un vent très-rapide, auquel on l'ex-
poseroit; car c'est la même chose quant
aux effets; qu'un corps se déplace con-
tinuellement pour frapper l'air, ou que
l'air par un mouvement continu vien-
ne frapper ce corps. Or est-il quelqu'un
qui voulût, sur l'avis qu'on lui en don-
neroit, aller s'exposer au plus grand
vent, dans le dessein d'y éprouver un
frottement qui l'échauffât? Mais ne
forçons rien; supposons même que
l'on en fasse l'épreuve avec un mor-
ceau de métal aussi froid par lui-même
que l'air agité auquel on l'expose;
croit-on que cet air en glissant sur lui
avec la plus grande rapidité, dût lui
faire prendre quelque chaleur?

Peut être bien, me dira-t-on, si cette
rapidité est égale à la vitesse d'un bou-
let de canon qui est 40 ou 50 fois
plus grande que celle du vent le plus
impétueux. Mais il ne devoit donc y
avoir de différence que du plus au
moins; & si le boulet de canon avec
la vitesse qu'il a, acquiert dans l'air qui
le frotte une chaleur très-sensible en
deux ou trois secondes, il semble qu'a-
vec plus de temps, & une moindre
vitesse, ce même boulet dans l'air,

 XIII.
 LEÇON.

devroît devenir assez chaud, pour qu'on s'en apperçût. On sait de reste combien cette conséquence s'accorde peu avec l'expérience la plus commune : personne ne s'est jamais brûlé les doigts pour avoir touché une grille de jardin, qui eût souffert le vent de Nord le plus impétueux pendant 24 heures, quoiqu'elle fût de fer comme le boulet.

Quelques Auteurs ont dit que le feu prenoit de temps en temps aux forêts par le frottement des branches d'arbres que le vent agite & qui peut encore être aidé par certaines circonstances. Si l'on peut douter du fait, parce qu'il est difficile de s'en assurer d'une manière bien certaine, & que l'on peut presque toujours soupçonner que ces sortes d'accidents sont des effets de la malice ou de l'imprudence humaine; on peut au moins convenir de sa possibilité, puisqu'il est constant que tous les végétaux contiennent du feu, & qu'une grande partie de leur substance est inflammable. Il n'y a pas jusqu'aux graines & aux fruits qui ne s'échauffent considérablement, quand on les écrase, qu'on les pile, ou qu'on les broye; c'est de quoi l'on peut aisément se con-

vaincre, en maniant la havette, le chenevi, les noix, &c. quand on les prépare sous le pilon pour en tirer l'huile; ou bien en portant la main dans la farine du froment & des autres grains, lorsqu'elle sort d'entre les meules. Tous ces effets viennent visiblement ou des coups multipliés, ou d'un grand frottement; & à l'égard des farines, le degré de chaleur qu'elles acquièrent va quelquefois jusqu'à les brûler, soit que les meules tournent avec trop de vitesse, soit qu'elles n'aient pas assez de jeu entr'elles: de l'une ou de l'autre manière le mouvement trop rapide ou trop fort pour désunir seulement le grain, se communique au feu même qu'elles renferment, ce qui cause une espèce d'embrasement.

Les matières animales étant capables comme les autres de s'échauffer sous le marteau ou par un frottement rude & de quelque durée, on doit regarder comme des effets fort ordinaires, que la peau d'un tambour reçoive une chaleur sensible par les coups redoublés des baguettes; que le cuir fort s'échauffe sous la masse du Cordonnier qui le pré-

XIII.
LEÇON

XIII.

LEÇON.

pare pour faire des semelles ; que le foret d'un ouvrier qui perce un morceau d'os, d'ivoire, de corne de cerf ou d'écaille, le fasse fumer, s'il fait agir cet outil avec une certaine vitesse.

La chaleur qu'on sent aux mains, quand on les a frottées l'une sur l'autre, celles que cherchent à se procurer les ouvriers qui travaillent en plein air dans une saison froide, en se battant le corps avec les bras, sont moins des effets qui ayent besoin d'explication, que des exemples familiers, & des preuves très-convaincantes du principe sur lequel nous portons maintenant nos réflexions.

Quand on s'agite, ou que l'on marche long-temps, ou avec beaucoup de vitesse, les parties solides du corps ont des mouvements respectifs, qui les font glisser les unes sur les autres, & se frotter réciproquement ; de-là naît ce sentiment de chaleur qui excède celui de l'état naturel & qui est accompagné ou suivi d'une sorte de douleur qu'on nomme *lassitude*.

Enfin si quelqu'un par nécessité, ou par imprudence, s'est jamais laissé glisser de haut en bas, le long d'une corde

qu'il tenoit serrée entre ses mains, il a dû éprouver un frottement capable de lui brûler la peau, & d'y faire venir des cloches, comme il arrive toutes les fois que l'on touche un corps trop chaud; la corde en cette occasion n'est pas plus chaude que la lime sous laquelle un morceau de fer devient brûlant; mais comme elle, par les aspérités successives de sa surface, elle agite pendant un certain temps les mêmes parties de la main qui lui sont fortement appliquées, & le feu que les parties animales renferment, irrité par ce mouvement, éclate & dérange leur organisation.

Ce qui arrive à des corps solides d'une grandeur sensible, qui se heurtent ou qui se frottent, arrive pareillement à de plus petites masses qui s'entrechoquent, à deux liquides, par exemple, dont les volumes se pénètrent, & dont les parties se mêlent précipitamment, & exercent les unes sur les autres des frottements réciproques : la chaleur & l'inflammation en sont souvent les suites, & ces effets sont d'autant plus merveilleux, que la cause échappe à nos sens, & ne s'aperçoit que par la réflexion.

XIII.

LEÇON.

V. EXPÉRIENCE.

XIII.

LEÇON.

PRÉPARATION.

Ayez dans le même lieu & dans deux vases séparés qui soient de verre mince & de même forme (a) trois onces d'eau commune bien claire & bien pure, & pareille quantité de bon esprit-de-vin : plongez dans chacune de ces liqueurs & pendant un temps suffisant, un petit thermometre (b), pour vous assurer qu'elles ont une température égale entre elles, & semblable à celle du lieu où vous opérez ; versez ensuite les trois onces d'eau sur l'esprit-de-vin un peu brusquement, afin que les deux liqueurs se mêlent bien ensemble.

(a) La forme cylindrique est la meilleure ; ces especes de bocaux dont les Droguistes se servent, *A*, *fig. 5.* conviennent le mieux, & sont très-faciles à trouver.

(b) Ces petits thermometres propres à plonger dans les liqueurs, sont fixés sur une petite planche fort légère, qui ne descend pas jusqu'à la boule, & qui est divisée suivant la méthode de M. de Réaumur ; ou cette planche est brisée en deux parties par une charniere pratiquée au milieu de sa longueur, de sorte que la partie d'en bas se repliant sur l'autre, laisse la boule du thermometre, & une partie du tube isolées. Voyez la *Fig. 5.*, à la *Lettre B.*

E F F E T S .

XIII.

LEÇON.

Vous verrez d'abord que ce mélange quoique fait de deux liqueurs très-limpides, devient louche & comme laiteux, tirant sur la couleur de Girasol, & qu'il s'en élève une infinité de petites bulles d'air, qui vont crever à la surface.

Le thermometre plongé, que je suppose gradué selon les principes de M. de Réaumur, vous fera voir en même temps que la chaleur est augmentée de 5 ou 6 degrés, si la température du lieu est moyenne, & que la boule du thermometre plongé n'excede point la grosseur d'une cerise.

Indépendamment de ces deux dernieres conditions, si vous faites plusieurs épreuves de cette espece, vous observerez que le mélange s'échauffe d'autant plus que l'esprit-de-vin est plus pur, plus rectifié; car on voit par les expériences de Boerhaave * que celui qu'il nomme *alchool*, & qui est le plus déslegmé, ayant été mêlé à poids égaux avec de l'eau de pluie distillée, a produit un degré de chaleur beaucoup plus grand qu'un esprit-

* Elem.
Chemia,
Tom 1.
pag. 197.

252 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII. de vin commun employé à pareilles doses avec la même eau ; la différence a été comme de 9 à 4, c'est-à-dire, de plus de moitié.

LEÇON.

* *Mém. de
l'Acad. des
Sc. 1713. p.
54.*

Les proportions que l'on met entre les deux quantités de liqueurs contribuent encore au plus ou moins de chaleur que l'on apperçoit dans le mélange ; M. Geoffroy nous a appris il y a déjà long-temps * que le plus grand degré de chaleur naît de parties égales d'esprit-de-vin & d'eau mêlées ensemble : cependant par une suite d'expériences que j'ai faites autrefois sous la direction de M. de Réaumur, mais dans des vues différentes, j'ai remarqué assez constamment que l'effet dont il est question venoit plus sûrement de deux parties d'eau mêlées avec une partie d'esprit-de-vin ; encore faut-il observer que j'ai mesuré mes quantités par le volume, & que M. Geoffroy a mesuré les siennes par le poids ; ce qui fait encore différer davantage nos résultats ; car comme l'eau est spécifiquement plus pesante que l'esprit-de-vin, si ces deux liqueurs mêlées à poids égaux recevoient le plus grand degré de chaleur qui peut résulter de leur

mélange, il s'ensuivroit, que pour avoir cet effet, non-seulement il ne faudroit pas que le volume de l'eau fût à celui de l'esprit-de-vin dans la proportion de deux à un, comme je l'ai trouvé, mais qu'il devoit être dans un rapport au-dessous même de l'égalité.

XIII.
LEÇON.

Cette différence vient probablement de ce que M. Geoffroy & moi avons fait nos expériences dans des températures assez éloignées l'une de l'autre (a), & de ce que son thermomètre plus gros (b) que le mien, étoit plus difficile à s'échauffer; & par conséquent plus tardif à marquer le degré de chaleur précis du mélange dans lequel il étoit plongé.

EXPLICATION.

Nous pouvons considérer l'esprit-

(a) M. Geoffroy a fait ses épreuves dans un lieu où il commençoit à geler, & il a mêlé ses liqueurs, lorsqu'elles avoient presque le froid de la glace. *Voyez le Mémoire cité.* J'ai fait les miennes dans un lieu où il faisoit une chaleur moyenne, comme de douze ou quinze degrés.

(b) C'étoit un thermomètre fait selon la méthode de M. Amontons; il subsiste encore, & la boule est grosse comme un petit œuf de poule.

de-vin comme un fluide composé de petites masses raréfiées, spongieuses, pour ainsi dire, & capables de se diviser, de se dissoudre, & de s'étendre dans une liqueur propre à les pénétrer. Cette idée quadre assez bien avec la légèreté que nous remarquons dans cette liqueur, & avec quelques faits dignes de remarques dont je ferai bientôt mention. D'un autre côté nous pouvons regarder l'eau comme un autre fluide, dont les parties plus propres à se dégager les unes des autres s'insinuent aisément dans tous les pores qu'elles trouvent assez ouverts, ou d'une figure analogue à celles qu'elles ont elles-mêmes. La densité de l'eau que nous savons être plus grande que celle de l'esprit-de-vin, ne combat point cette supposition : une matière, pour être plus dense qu'une autre, n'a qu'à avoir ses parties plus serrées, plus près les unes des autres, rangées dans un plus petit espace ; tout cela se fait d'autant mieux, que ces parties sont plus fines, plus subtiles ; & avec une petitesse excessive, rien n'empêche qu'elles ne soient très-libres entre-elles, qu'elles ne soient pas pelotonnées, &

par petits flocons , comme nous supposons celles de l'esprit-de-vin. Car je pense que les parties de l'eau sont plus petites , d'une figure plus pénétrante , & plus libres entre elles , que celles de l'esprit-de-vin ; & si j'avois à soutenir cette vraisemblance par des faits , je ferois observer dans un détail qui seroit long , mais fort aisé , que la première de ces deux liqueurs pénétre ou dissout un plus grand nombre de différentes matieres que la seconde.

Quand ces deux liqueurs , (l'eau & l'esprit-de-vin ,) se trouvent donc dans un même vaisseau , je conçois premièrement que les parties de l'une aidées de leur propre poids & du mouvement qu'on leur a donné en les versant brusquement , divisent en une infinité d'endroits la masse de l'autre ; & que réciproquement les parties de celle-ci en vertu de leur grande mobilité , se séparent les unes des autres , pour faire place à celles qui les désunissent , & se loger elles-mêmes entre ces petits corps. Jusques ici ce n'est qu'un simple mélange , qui laisse subsister les unes & les autres parties dans leur entier.

XIII.
LEÇON.

256 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII. Je conçois en second lieu, que les parties de l'eau très-pénétrantes de leur nature, se trouvant à portée d'entamer les molécules poreuses de l'esprit-de-vin, peuvent y entrer comme autant de petits coins; comprimer de part & d'autre les parois qui résistent à leur effort, & enfin rompre & diviser en mille manières toutes ces petites masses.

(a) Ce mouvement intestin, cette division de parties est ce qu'on appelle *fermentation* ou *effervescence*. Il y

(a) M. Homberg considérant ces mouvements intestins qui naissent dans différents mélanges naturels ou artificiels, les distingue & leur donne différents noms. Il appelle *fermentation*, le mouvement qui se fait sentir dans un mixte, lorsque les parties sulphureuses se séparent des parties salines, ou lorsque ces mêmes parties s'unissent pour former un mixte. Il appelle *effervescence* le mouvement des parties de deux substances dont l'une pénètre l'autre: ce qui arrive non-seulement, lorsqu'on mêle ensemble des acides avec des alkalis, (ce qui est pourtant le cas le plus ordinaire ;) mais aussi dans bien d'autres occasions, comme dans notre expérience, par exemple. Enfin il appelle *ébullition*, le mouvement de deux matières qui se pénètrent, & d'où il s'élève un grand nombre de bulles d'air: ce qui se peut faire sans chaleur, ou avec refroidissement. Pour nous,

en

en a des exemples sans nombre: & cet effet est presque toujours accompagné d'une chaleur sensible, que l'on attribue avec toute sorte de vraisemblance au frottement & à la pression qu'exercent les parties du dissolvant dans les pores de celles qui les reçoivent; car toutes ces particules regardées en elles-mêmes, quoique d'une petitesse presque infinie, sont pourtant des corps solides, dans lesquels il y a des portions de feu cachées; & nous avons vu précédemment que de tels corps qui se frottent ou qui s'entrechoquent, peuvent s'échauffer jusqu'à brûler. Quand bien même le dissolvant ne feroit qu'ouvrir les matieres qui contiennent le feu, & qui, par leur adhérence réciproque, s'opposent à son expansion, cet élément mis en liberté ne doit-il pas faire sentir son action?

Les Physiciens sont assez d'accord entre eux sur la cause prochaine de la fermentation, & sur celle de la cha-

comme il ne s'agit point ici d'un Traité de Chymie, nous appellerons ces mouvements intestins accompagnés de chaleur ou d'inflammation, du nom commun & générique de *fermentation*.

leur qui l'accompagne communément.

XIII. Tous conviennent que de deux matieres qui fermentent ensemble, l'une pénètre l'autre, & que le mélange s'échauffe, parce que les parties s'entrechoquent, & se frottent en se pénétrant. Mais ils ne s'accordent pas de même sur la cause de cette pénétration; il faut cependant qu'il y en ait une; car quand on se représenteroit les parties pointues du dissolvant en présence & directement vis-à-vis des petites masses poreuses de la matiere dissoluble, comme des chevilles au bord de leurs trous, encore faut-il une puissance qui les y chasse, & qui anime leur effort.

Ceux qui recoivent & défendent l'attraction comme une cause physique, expliquent tout à leur aise ces mouvements intestins des matieres qui fermentent; il y a, disent-ils, une attraction réciproque entre le corps dissolvant & celui qui est dissoluble, entre l'*acide* & l'*alkali*; (a) dès que l'un

(a) Les mots d'*Acide* & d'*Alkali* sont consacrés pour désigner des matieres salines, du mélange desquelles résultent presque toutes les fermentations; cela n'empêche pas qu'il n'y ait

& l'autre sont à portée de se joindre, cette vertu qui réside en eux, tend à les unir de la manière la plus complète, par le contact immédiat de leurs moindres parties; ce qui ne peut se faire que par la division des molécules.

XIII.

LIÇON.

Il faut convenir que cela ne va point mal au premier coup-d'œil, & que la plupart des difficultés qui se présentent après, tombent également sur les autres opinions. Mais quand cela iroit encore mieux, l'esprit n'est point satisfait de cette explication, lorsqu'il vient à sentir qu'elle est fondée sur un principe que bien des gens supposent par goût ou autrement, mais dont personne n'a jamais donné des preuves qu'on ne puisse légitimement contester.

Un homme littéralement attaché à la doctrine de Descartes, vous dira que le monde est rempli d'une matière subtile qui se meut en toutes sortes de sens, & qui pénètre ainsi les corps les plus compacts; que dans le

d'autres matières qui fermentent ensemble; & alors il y en a une qui fait fonction d'acide, & l'autre d'alkali. *Mém. de l'Acad. des Sc. 1701. pag. 97.*

XIII.

LEÇON.

cas de la fermentation ce sont les impulsions redoublées de ce fluide par excellence, qui font entrer les pointes des acides dans les pores des alkalis.

Cette explication au moins nous offre un mécanisme intelligible, elle n'exige pas que l'esprit se prête gratuitement à des notions nouvelles auxquelles il n'est conduit par aucun exemple ; mais elle suppose des faits qui, selon moi, ne sont point assez prouvés.

J'admettrois volontiers l'existence d'une matiere extrêmement subtile, présente par-tout & pénétrant avec une extrême facilité les corps les plus compactes, sans m'embarasser de savoir quel rang a tenu cette matiere parmi les éléments de l'univers ; on est bien forcé d'en admettre une semblable pour expliquer avec quelque vraisemblance les phénomènes du feu, & ceux de la lumière : mais j'ai peine à croire que cette matiere, si elle existe, soit continuellement agitée en toutes sortes de directions ; & que ses différens mouvements (qui sont progressifs) ne soient point altérés par tous les chocs qu'elle doit avoir à souf-

frir. Je demanderois encore comment ~~au milieu de toutes ces impulsions qui se feroient souvent en sens contraires, les pointes des acides frappées en même temps par les deux bouts, seroient chassées dans les pores de l'alkali; car un clou n'avance ni ne recule entre deux coups de marteaux d'egale force.~~

XIII.

LEÇON.

Avouons de bonne foi notre ignorance, en attendant les lumières qui nous manquent; ou si nous nous permettons des conjectures, tâchons au moins de les appuyer sur des faits bien avérés qui les rendent vraisemblables; bornons l'étendue de nos connoissances, si cela est nécessaire pour les rendre plus certaines.

Ne pourroit-on pas dire, par exemple, que le dissolvant est porté dans les molécules poreuses du corps dissoluble, par cette même puissance qui fait entrer les liqueurs dans tout ce qui est spongieux, ou percé d'une infinité de petits canaux capillaires? On fait que certaines conditions rendent cet effet plus prompt ou plus complet, & qu'en général ces canaux se remplissent avec d'autant plus d'activité qu'ils sont plus étroits: les po-

262 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII. res des parties alkalines ou dissolubles ne seroient-ils pas à l'égard du dissolvant en telle proportion , que cette imbibition s'y fît avec encore plus de violence que nous n'en remarquons , lorsqu'il s'agit de tuyaux capillaires d'une grandeur sensible ? & la rapidité de ces mouvements multipliés à l'infini dans un petit corps extrêmement poreux , ne pourroit-elle pas aller jusqu'à faire rompre les parois , & occasionner une dissolution totale ?

Si l'on me demande après cela quel est ce pouvoir secret qui fait entrer les liqueurs dans les corps spongieux , ou, ce qui est la même chose , dans les tubes capillaires , j'avouerai ingénument que j'en ignore la cause ; mais un fait que personne ne conteste , ne peut-il pas servir à en expliquer d'autres qui sont encore obscurs ?

Pour revenir à notre mélange d'esprit-de-vin & d'eau , je le regarderai donc comme une dissolution qui se fait d'une liqueur par l'autre comme une véritable fermentation ; & le degré de chaleur que j'y apperçois , comme une suite nécessaire du choc & du frottement des parties , ou de l'action

du feu qui a été mis en liberté par la désunion de ces mêmes parties qui le tenoient renfermé entre elles.

XIII.

LEÇON.

Les bulles d'air qui paroissent dans ce mélange, & qui en troublent la transparence, sont celles qui étoient logées dans les pores de chaque liqueur, & qui déplacées par la pénétration mutuelle des deux masses, dilatées ensuite par le nouveau degré de chaleur qui en résulte, s'élevent à la surface en vertu de leur légèreté respective.

Si l'esprit-de-vin déflégmé donne plus de chaleur que celui qui ne l'est pas, c'est qu'étant moins pénétré d'eau, il en est d'autant plus propre à l'admettre dans ses pores : & comme c'est de cette imbibition plus ou moins complète, plus ou moins prompte, que dépend le degré de fermentation, c'est aussi de cette même cause que la chaleur doit recevoir ses différents degrés.

Le degré de chaleur dépend encore, comme on l'a vu, de la proportion que l'on met entre les quantités des deux liqueurs mêlées, parce qu'avec une trop petite quantité d'eau l'esprit-de-vin ne se dissout pas autant

XIII.
LEÇON.

qu'il le pourroit , la fermentation en est moins forte ; & si l'on en met trop , l'excès de cette eau est une masse inutile qui ne contribue point à faire naître la chaleur , & qui plus froide que ne seroit le mélange mieux proportionné , s'en approprie une partie , ainsi que le thermometre qui est plongé.

Dans l'explication que je viens de donner , j'ai supposé qu'une des deux liqueurs pénétrait l'autre , & en cela je n'ai rien dit que je ne sois bien en état de prouver , en faisant voir d'après les expériences de M. de Réaumur ; * qu'un composé d'eau & d'esprit-de-vin pèse spécifiquement davantage que chacune des deux liqueurs composantes avant le mélange ; ce qui ne peut se faire , sans que les deux volumes se confondent en partie.

* *Mém. de l'Acad. des Scienc.* 1733 , pag. 165.

Ce fait également curieux & concluant pour ce que j'ai à prouver , se peut montrer de deux manieres. ^{1^{ment.}} On a pesé la quantité d'eau qui étoit contenue dans un petit vase *A* , *Fig. 6.* que l'on avoit rempli fort exactement jusqu'au fil *B* , & l'on a trouvé son poids de 98 grains. On a vuïdé ce vaisseau , & on l'a rempli pareillement jusqu'au fil ,

fil, d'esprit-de-vin dont le poids s'est trouvé de 82 grains $\frac{1}{2}$. Si l'on eût rempli d'eau les deux tiers du petit vaisseau, & l'autre tiers avec de l'esprit-de-vin qui ne se fût point mêlé avec l'eau, le poids total des deux liqueurs contenues eût été 65 grains $\frac{1}{3}$ d'eau & 27 grains $\frac{1}{2}$ d'esprit-de-vin, ce qui eût fait en somme 92 grains $\frac{1}{6}$. Mais au lieu de faire ainsi; on a composé une liqueur de deux parties d'eau, & d'une partie d'esprit-de-vin bien mêlées ensemble, & l'on en a rempli le petit vase jusqu'au fil comme précédemment: alors le poids de cette quantité de liqueur composée s'est trouvé de 94 grains; d'où il paroît évidemment que la densité étoit plus grande que celle qui sembloit devoir résulter des deux liqueurs composantes.

XIII.

LEÇON.

2^{ement}.

On a pris une boule creuse de verre adaptée à un tube bien cylindrique, comme pour faire un gros thermomètre. *Fig. 7*. On y a versé d'abord 200 mesures d'eau, (a) & par-

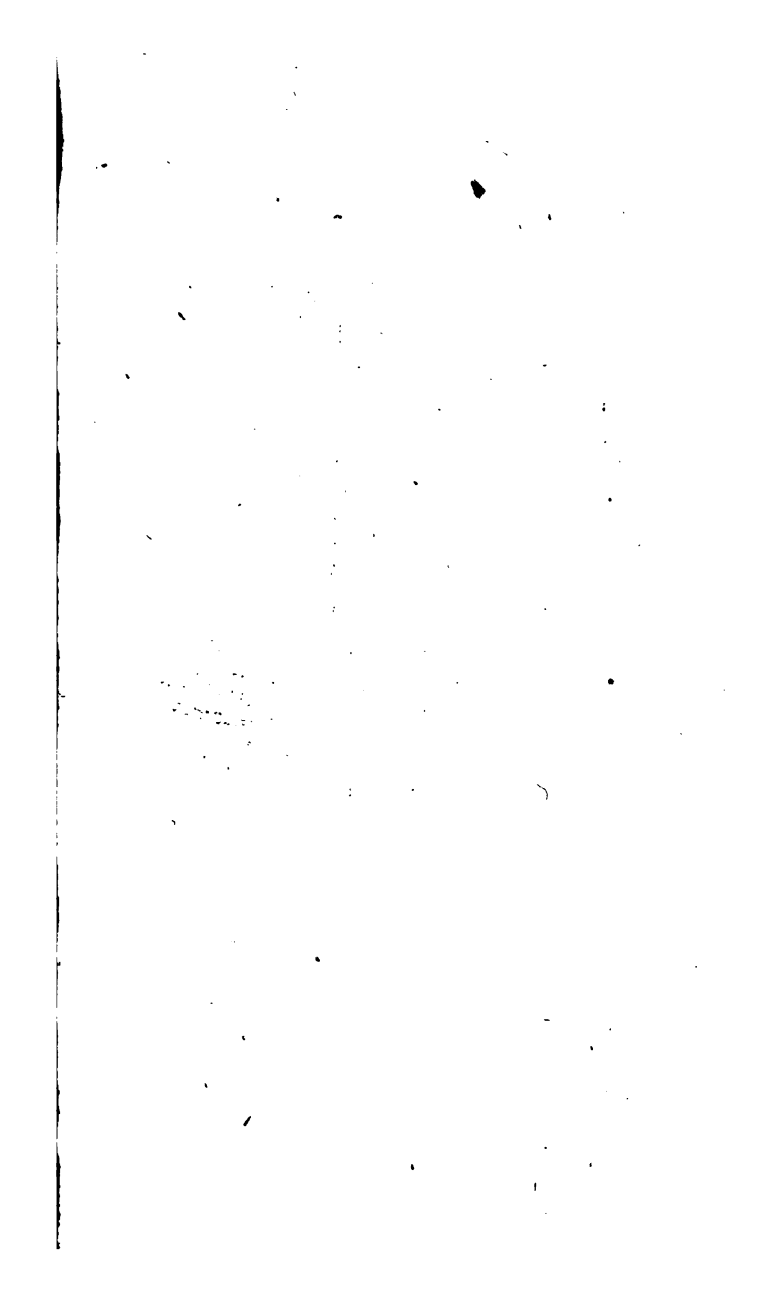
(a) On fait ces petites mesures assez communément avec des chalumeaux de verre renflés, *a*, *Fig. 7*: que l'on souffle à la lampe d'Emailleur.

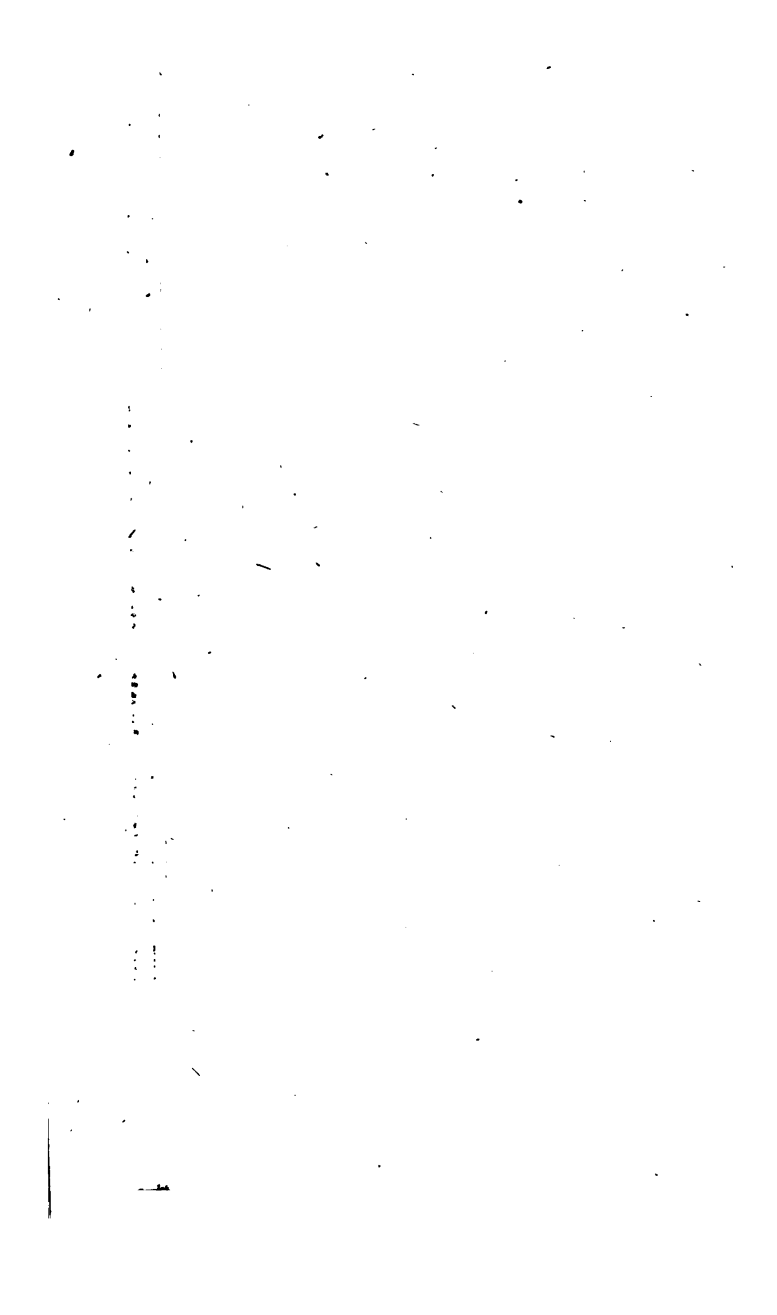
Tome IV.

Z

XIII. dessus l'on a fait couler très-douce-
LEÇON. ment 100 mesures d'esprit-de-vin qui
 a furnagé; on a marqué avec un fil
 c, sur le tube, l'endroit où se termi-
 noit la liqueur; & le vaisseau ayant été
 bien bouché par en haut, & ensuite
 agité pour occasionner le mélange de
 l'eau & de l'esprit-de-vin, lorsque tout
 fut reposé & revenu à la température
 du lieu où se faisoit l'expérience, on
 a observé que la surface de la li-
 queur dans le tube se tenoit au-dessous
 du fil; & pour remplir ce vuide, il a
 fallu ajouter 5 de ces mesures dont le
 volume d'esprit-de-vin employé con-
 tenoit 100. Ce qui fait, comme on
 voit $\frac{1}{20}$ de diminution, eu égard au
 volume de cette liqueur; les deux li-
 queurs se sont donc pénétrées en par-
 tie, pour former ensemble un volume
 plus petit que la somme des deux me-
 surées séparément.

Je n'ai pu me refuser de rapporter
 ici ce phénomène, qui n'est pas le seul
 de son espèce; j'invite les amateurs de
 la Physique à s'instruire par la lecture
 du Mémoire même, des circonstances
 & de toutes les observations intéres-
 santes auxquelles il a donné occasion;





se que je pourrois faire entrer dans cet ouvrage, sans sortir des bornes **XIII.** que je m'y suis prescrites. **Leçon.**

VI. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Dans un grand verre à boire de la bière, de ceux dont la coupe ressemble à une cloche renversée *D*, *Fig. B.* on met 3 gros d'huile de Térébenthine (*a*) (la plus nouvelle est la meilleure) : & dans un autre verre *E* enmanché d'une baguette qui ait environ 3 pieds de longueur, on mêle ensemble un gros de bon esprit de nitre, & autant d'huile de vitriol concentrée (*b*) ; tenant ensuite ce dernier

(*a*) Je nomme ici l'huile de térébenthine comme la plus facile à trouver, & celle qui coûte le moins : on peut également employer l'huile de Gayac, celles de Girofle, de Citron, de Menrhe, de Genièvre, de Fenouil, &c. & même les baumes naturels, celui de Copahu, & le baume blanc de la Mecque.

(*b*) Au lieu de ces deux acides mêlés ensemble, on peut se servir d'une eau forte citrine distillée à la manière de M. Hoffmann, ou selon le procédé de M. Geoffroy, Voyez les Mémoires de l'Académie des Sciences, pour l'année 1727, page 65, où vous trouverez un détail très-suffisant de ces sortes d'expériences.

268 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII.

LEÇON.

verre par le bout du manche, on verse en deux ou trois temps, mais à très-peu de distance l'un de l'autre, ce qu'il contient, dans le premier où l'on a mis l'huile de térébenthine.

E F F E T S.

Dans le moment même que le mélange se fait, on entend & l'on apperçoit une violente fermentation dans le verre qui contient ces liqueurs; il s'en élève subitement une fumée fort épaisse, au milieu de laquelle on voit briller ordinairement une flamme qui s'élance jusqu'à la hauteur de 15 ou 18 pouces; & il se répand après dans le lieu où l'on a fait l'expérience, une forte odeur aromatique qui dure long-temps, & qui est assez agréable quand elle est affoiblie.

E X P L I C A T I O N.

Les huiles essentielles des plantes, tant de celles qu'on apporte des Indes, que de celles qui naissent en Europe, sont des liqueurs fort inflammables, que les Chymistes regardent avec raison comme une grande quantité de soufre étendu dans un peu de flegme; c'est-à-dire, que la matière du feu qui s'y trou-

ve, comme par-tout ailleurs, n'y est en-
 veloppée & retenue que par celle de
 toutes les matières, qui en contient
 davantage, & qui est la plus propre à
 ne le retenir qu'autant qu'il le faut,
 pour animer son action. Lorsqu'un aci-
 de violent s'empare de ces huiles, &
 qu'il les pénètre de toutes parts avec
 précipitation, toutes les petites por-
 tions de feu irritées, pour ainsi dire, par
 le frottement, & dégagées des liens
 qui les retenoient avant cette disso-
 lution, se mettent en liberté, éclatent
 de toutes parts, & dissipent en flamme
 les parties du mélange les plus subti-
 les; & les plus grossières s'exhalent
 en fumée & en odeur.

Cet effet, tout merveilleux qu'il est,
 ne diffère point essentiellement de ce-
 lui que nous avons vu dans l'expé-
 rience précédente; c'est toujours l'action
 du feu excitée par la pénétration pré-
 cipitée d'une liqueur dans l'autre,
 mais une action excitée jusqu'à l'em-
 brâsement. Quoiqu'on pût attendre
 un tel effet de cette cause bien médi-
 tée, ce dut être cependant un specta-
 cle bien singulier & bien surprenant
 en Chymie, lorsqu'on vit naître une

XIII.

Leçon.

270 LEÇONS DE PHYSIQUE

~~Leçon~~ véritable inflammation du mélange de
X I I I X deux liqueurs froides.

Leçon

Il y a près d'un siècle que Beccher & Olaus Borrichius, le premier dans sa *Physique souterraine*, le dernier dans les *Actes de Coppenhague*, annoncèrent ce phénomène; mais soit qu'ils ne se fussent pas expliqués assez clairement, soit qu'on s'y prit mal pour les imiter, on travailla long-temps d'après ce qu'ils avoient dit, & l'on se rebuta presque avant que de pouvoir répéter leur expérience avec succès. Enfin en 1698. M. de Tournefort parvint à enflammer, non de l'huile de térébenthine, comme avoient fait les Auteurs que je viens de citer, mais l'huile tirée du bois de sassafras par distillation; & nous voyons par les Mémoires de l'Académie des Sciences pour l'année 1701, que M. Homberg, tant par ses propres expériences, que par celles des autres, avoit déjà étendu cette découverte, jusqu'à établir pour règle générale, qu'avec un esprit acide bien déflegmé on pouvoit enflammer toutes les huiles essentielles des plantes aromatiques, pourvu que ces plantes fussent des Indes, parce que, disoit-il,

celles de nos climats ne donnent jamais qu'une huile où le soufre est mêlé avec un acide qui fait manquer l'inflammation. Cette restriction fut levée en 1726 par M. Geoffroy, qui fit voir par des preuves de fait qu'on peut enflammer indifféremment l'huile essentielle des plantes d'Europe, comme on enflamme celles des aromates qui naissent aux Indes, en employant un acide convenable; & ce que cet habile Chymiste montrait en France, M. Hoffmann le publioit en Allemagne, comme une découverte qu'il venoit de faire, quoique par un procédé un peu différent.

Il ne restoit donc plus pour généraliser cette nouvelle connoissance, que de trouver un moyen d'enflammer aussi les huiles grasses (a), & c'est à quoi M. Rouelle est parvenu après un travail assez long. Tout dépendoit d'un tour de main que le hasard auroit pu faire trouver au plus ignorant, mais que cet habile Chymiste n'a obtenu

(a) Par huiles grasses ou pesantes, on entend ici celles que l'on tire des végétaux par expression, comme l'huile de noix, celles de chanvre, de navette, &c.

XIII.
LEÇON. que par des connoissances réfléchies. On fait que le nitre ne s'allume point par l'attouchement de la flamme, mais seulement par celui d'un corps embrasé; cette considération fit penser à M. Rouelle que pour enflammer une huile il seroit à propos 1°. qu'elle y fût disposée par un certain degré de chaleur; 2°. que l'esprit de nitre dont il se servoit pour procurer cette inflammation trouvât un charbon ardent, ou prêt à l'être, par l'attouchement duquel il pût s'enflammer lui-même; au lieu de jetter dans l'huile tout en une fois son acide nitreux, ce qui n'eût produit que de la chaleur ou du charbon, il le versa en deux ou trois fois, fort près l'une de l'autre: la premiere portion versée, ou la deuxieme échauffa l'huile, & en mit une partie en charbon, & la dernière portion venant à tomber aussitôt, s'alluma par l'attouchement du charbon, & enflamma l'huile qui étoit toute prête à prendre feu.

On peut donc enflammer l'huile de térébenthine que j'ai employée dans notre expérience, avec l'esprit de nitre seulement; & si j'y mêle l'huile de vitriol concentrée, ce n'est que pour

EXPÉRIMENTALE. 273

rendre l'effet plus sûr; car comme cette huile se fait aisément de toute l'humidité, elle acheve de déflegmer l'esprit de nitre, & le rend par-là plus propre à l'effet auquel on le destine.

XIII.

LIÇON.

VII. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Mettez dans une poêle de fer, ou dans un plat de terre, sur un réchaud plein de feu, quatre onces de miel commun, & deux onces d'alun de roche, cassé en petits morceaux; remuez le tout avec une spatule ou avec quelque chose d'équivalent, jusqu'à ce que le mélange soit non-seulement fondu, mais épaissi en consistance de croûte, qu'il faut avoir soin de détacher & de briser en petits grains, afin qu'on le puisse dessécher plus aisément & plus parfaitement. Cette première préparation étant faite, mettez de ces petits grains bien desséchés dans un petit matras autant qu'il en faudra pour remplir les deux tiers de la boule: placez ce matras légèrement bouché avec du papier, dans un creuset de telle grandeur.

XIII. **LEÇON.** deux, qu'il puisse tenir environ un doigt de sable dessous, & autour de ce matras : entourez le creuset de charbon dans un fourneau, & allumez le feu peu à peu pour donner le temps aux vaisseaux de s'échauffer sans se rompre, & à la matiere de se purger de l'humide, & de tout le volatil qui lui reste.

Quand vous verrez qu'il ne sortira plus de fumée par le col du matras, vous augmenterez le feu jusqu'à ce que vous apperceviez toute rouge la matiere qui est dans le matras. Entretenez cet état pendant un bon quart-d'heure, ou même une demi-heure, & alors vous pourrez tirer doucement & peu à peu le creuset hors du fourneau.

Vous soulevez ensuite le matras pour le tirer du sable en partie, & peu de temps après, encore davantage.

Enfin, ayant ôté le bouchon de papier, vous renverserez l'embouchure du matras sur celle d'un petit flacon de verre, & vous les tiendrez joints l'un à l'autre avec la main & un linge replié en deux ou trois, que vous tiendrez serré autour, afin que l'air

extérieur ne s'y introduise point, & que la poudre encore toute embrasée, qui tombe du matras, ne s'échappe point au dehors. Ce qui étant fait, vous tiendrez le flacon fermé avec un bouchon de verre bien ajusté pour en faire l'usage qui suit.

XIII.

LEÇON.

E F F E T S.

Cette poudre étant refroidie, si vous en jetez deux ou trois grains dans la main ou sur du papier, un instant après qu'elle a pris l'air elle s'échauffe, & chaque grain devient un petit charbon ardent, à la superficie duquel on apperçoit dans l'obscurité une petite flamme violette.

Cette espece de phosphore, qu'on pourroit nommer *pyrophore* à plus juste titre, puisqu'il brûle encore plus qu'il n'éclaire, se conserve pendant plusieurs années, si l'on a soin qu'il ne prenne point l'air, & qu'on ne le tiennne point en petite quantité dans un grand vaisseau, quoique fermé : mais quand on ouvre souvent le flacon qui le contient, ou qu'on n'a pas pris soin de tenir le doigt sur l'orifice, pour ne le laisser ouvert qu'autant qu'il

276 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII. le faut, pour en faire échapper quelques grains; peu à peu cette matiere perd de son activité, & tout son effet se borne à quelque leger degre de chaleur, qui ne va plus jusqu'à l'inflammation.

EXPLICATIONS.

M. Homberg travaillant sur la matiere fécale & sur l'alun mêlés ensemble, dans des vues qui sont étrangères à notre sujet, s'apperçut que la tête morte de ce mélange distillé étant tout-à-fait refroidie, prenoit feu d'elle-même, lorsqu'on donnoit un accès libre à l'air dans la cornue *; voilà l'origine (a) du phosphore ou du pyrophore, dont je viens de décrire la préparation & les effets; si je substitue le miel à la matiere fécale, c'est pour m'épargner un travail désagréable qui n'est point nécessaire, car depuis cette découverte, un peu de ré-

*Mém. de
l'Acad. des
Sc. 1711. p.
89.*

(a) Il paroît pourtant par le Mémoire même de M. Homberg, que je viens de citer, que dans le temps même qu'il faisoit cette découverte, quelqu'un employoit comme remede *une espece de sel*, qui avoit la propriété de s'enflammer à l'air.

flexion, & l'expérience même ont fait connoître qu'on pouvoit également réussir en mêlant avec l'alun toute matière capable de donner par la distillation une huile fétide; ainsi la chair, le sang des animaux, le miel, la farine, &c. tout y est bon.

XIII.
LIÇON.

Pour rendre raison de l'embrâsement subit qui naît ici par l'attouchement de l'air libre, je crois ne pouvoir mieux faire que de rapporter l'explication même qu'en a donné M. Homberg; elle est très-plausible, & aucun Auteur que je sache n'a essayé d'en donner une meilleure. « Pour
» avoir, dit-il, une idée vraisemblable
» de la manière dont cette poudre
» s'enflamme, il faut se souvenir qu'elle
» est une matière fortement calcinée
» par le feu; elle a perdu dans cette
» calcination toute la partie aqueuse
» qu'elle contenoit, & la plus grande
» partie de son huile & de son sel vo-
» latil; elle a acquis par-là beaucoup
» de grands pores, que les matières
» volatiles chassées par le feu ont lais-
» sés vuides, de sorte que la poudre
» qui reste après la calcination, ne con-
» siste qu'en un tissu spongieux d'une

278 LEÇONS DE PHYSIQUE

- » matiere terreuse, qui a retenu tout
XIII. » son sel fixe & un peu de son huile
LEÇON. » fétide, mais dont les pores & les
 » locules vuides conservent pendant
 » quelque temps une partie de la flamme
 » qu'ils a pénétrés pendant la calcina-
 » tion, à peu près comme il arrive à la
 » chaux vive lorsqu'elle est dans le four.
 » Cela étant, nous pouvons confi-
 » dérer que le sel fixe, qui est en gran-
 » de quantité dans cette poudre, ab-
 » sorbe promptement, & à son ordi-
 » naire, l'humidité de l'air qui le tou-
 » che; l'introduction subite de l'humidi-
 » té de l'air dans les pores de la pou-
 » dre y produit un frottement capable
 » d'exciter un peu de chaleur, laquelle
 » étant jointe aux parties de la flamme
 » conservée dans ces mêmes pores,
 » compose une chaleur assez forte
 » pour embrâser le peu d'huile, aisé-
 » ment inflammable, qui a échappé à
 » la vigueur de la calcination, & qui
 » fait partie de la poudre.
 » Une preuve de cela, continue
 » M. Homberg, est que quand on gar-
 » de cette poudre en un vaisseau qui
 » n'est pas exactement bouché, elle
 » absorbe peu à peu & lentement l'hu-

» midité de l'air qui la peut atteindre,
 » ce qui n'est pas capable de faire as-
 » sez de frottement pour exciter au-
 » cune chaleur sensible; & la poudre
 » se gâte, en sorte qu'elle ne s'enflamme
 » plus, de même que la chaux vive
 » exposée pendant quelque temps à
 » l'air ne s'échauffe plus, parce qu'elle
 » a absorbé peu à peu une trop petite
 » quantité d'humidité à la fois pour
 » avoir reçu un frottement suffisant
 » qui puisse exciter de la chaleur ».

XIII.
 Leçon.

Quand on reçoit quelques grains de pyrophore dans la main un peu humide par la transpiration, ils s'y allument plus sûrement & plus promptement que quand la peau est plus sèche; & quand on les examine avec une loupe de verre, un instant avant qu'ils paroissent embrâsés, on les voit s'entr'ouvrir & leurs petits éclats se remuer, de la manière qu'on l'apperçoit à la vue simple dans un morceau de chaux vive, sur lequel on a jeté de l'eau par asperision.

Ces deux faits, dont je suis sûr, ne confirment point mal l'explication de M. Homberg, & nous invitent à croire que l'humidité qui regne sou-

280. LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII.
LEÇON. jours dans l'air, fait à l'égard de ces petits grains calcinés, ce que l'eau opere dans les molécules de l'esprit-de-vin, & l'acide nitreux dans celles des huiles essentielles, un frottement considérable en s'y introduisant, une prompte & extrême division des parties propres du corps dissoluble, & la liberté au feu qu'elles renferment, d'exercer son action (a).

APPLICATIONS.

Des trois dernières expériences que j'ai rapportées, on peut tirer cette conséquence, que quand les molécules qui composent un certain volume de matière, reçoivent des chocs ou des frottements qui vont jusqu'à les diviser, soit que ces mouvements naissent dans la matière même par une cause interne, soit qu'on les y excite par l'introduction ou le mélange d'une autre substance; pour l'ordinaire, il en résulte des degrés de chaleur qui peuvent aller jusqu'à l'embrasement :

(a) Voyez un Mémoire intitulé : *Nouvelle Théorie du Phosphore de Homborg*, parmi les Mémoires présentés à l'Académie Royale des Sciences par des Savans Etrangers, Tome III, page 180 & suivantes.

je

je dis pour l'ordinaire, car on pour-
roit m'objecter l'exemple de quelques
mêlanges, où il se fait un bouillonne-
ment qu'on prendroit pour une véri-
table effervescence, mais qui sont ce-
pendant accompagnés d'un refroidis-
sement que le thermometre fait apper-
cevoir clairement.

XIII.

Leçon.

Presque toutes les liqueurs odoran-
tes qu'on met dans les flacons de po-
che, ou dans ceux dont on garnit les
toilettes, ne sont autre chose que de
l'esprit-de-vin chargé de quelque huile
essentielle de plante aromatique; tel-
les sont les eaux de la Reine d'Hon-
grie, de Mélisse, de Lavande, &c.
quand on les mêle en suffisante quan-
tité avec de l'eau, on ne doit point
être surpris que ce mélange reçoive
tout d'un coup un degré de chaleur
sensible; c'est au fond la même chose
que ce que nous avons vu dans la cin-
quieme expérience.

L'eau-de-vie commune & le meil-
leur vin ne sont pas la même chose,
quoique l'une & l'autre liqueur soit
en partie de l'esprit de-vin, parce que,
comme je l'ai dit plus haut, la cha-
leur n'est causée qu'autant que l'eau

~~LEÇON~~ XIII. pénètre l'esprit-de-vin, & qu'elle le dissout, pour ainsi dire : mais quand cet esprit est déjà suffisamment étendu dans son flegme naturel, ou dans l'eau qu'on y a ajoutée, il n'y a plus de pénétration à attendre, ni par conséquent de nouveaux degrés de chaleur.

LEÇON

La matiere de la transpiration tient beaucoup de la nature de l'eau ou de celle de l'urine : ces deux liqueurs mêlées avec l'esprit-de-vin s'échauffent sensiblement ; n'est ce point par cette raison qu'on sent de la chaleur à la peau, quand on s'est frotté certaines parties du corps, ou avec l'esprit-de-vin pur, ou avec quelque liqueur dont il est la base.

Si quelqu'un, pour épargner des frais de transport, trouvoit qu'il y eût à gagner, en réduisant l'eau-de-vie en esprit, sauf à y remettre la quantité d'eau convenable (a), quand la liqueur seroit arrivée au lieu de destination ; je ne crois pas qu'il dût faire.

(a) Pour faire avec de l'esprit-de-vin & de l'eau une liqueur à peu près semblable à de l'eau-de-vie, pour la force, ou pour le degré de dilatibilité, il faut les mêler dans la proportion de 3 à 2 ; c'est-à-dire, trois parties d'eau sur deux d'esprit de-vin.

entrer en déduction le déchet de volume qui se fait & qui va, comme nous l'avons dit, jusqu'à $\frac{1}{10}$; car il est plus que probable que ce déchet se fait aux dépens de l'eau. De deux matières, dont l'une pénètre l'autre, il est naturel de penser que la plus poreuse, la plus pénétrable est celle qui reçoit l'autre dans ses pores; l'esprit de vin plus léger que l'eau, est sans doute celle des deux liqueurs qui a le plus de vuide à remplir (a).

XIII.

Leçon.

Tous les végétaux qui fermentent; ne manquent pas de s'échauffer à proportion du mouvement intestin qui les agit; le vin qui bout dans la cuve, le cidre & la biere qui forcent les tonneaux, le gonflement & l'effervescence des cerises & des autres fruits qu'on a écrasés pour faire des ratafias, sont autant d'exemples sensibles & familiers de cette vérité.

Les parties constituantes d'un mixte étant elles-mêmes des petites masses composées de plusieurs principes plus légers, plus volatils les uns que les

(a) Voyez le Mémoire de M. de Réaumur, cité ci-dessus, page 220, où ce que l'on suppose ici est plus amplement prouvé.

A a ij

XIII. autres, dès que ces principes vien-
LEÇON. nent à se défunir par la fermentation,
 ceux qui sont les plus propres à s'éva-
 porer quittent la masse dont ils fai-
 soient partie, & se dissipent dans l'air.
 De là vient l'odeur forte que l'on sent
 dans les celliers où l'on fait le vin ou
 d'autres boissons, & généralement au-
 près de tous les corps qui fermentent
 un peu fortement. Ces vapeurs sont
 quelquefois si abondantes & si acti-
 ves, qu'on a vu des hommes & d'au-
 tres animaux en être suffoqués dans
 un instant.

Mais comme ces évaporations se
 font aux dépens de certaines parties ;
 & non pas de toutes également, c'est
 une conséquence nécessaire que la na-
 ture du mixte dans lequel se fait la
 fermentation, en reçoive un change-
 ment notable, puisque la dose ou la
 proportion des principes n'est plus
 la même qu'elle étoit ; aussi remar-
 que-t-on que le goût & l'odeur en sont
 différents, & souvent même la cou-
 leur, la consistance ; ou la fluidité,
 & d'autres qualités accidentelles qui
 dépendent du nouvel arrangement
 des parties qui restent, ou des nou-

EXPÉRIMENTALE. 285

veaux rapports qu'elles ont entr'elles. Le vin qui a cuvé ne ressemble plus à celui qui coule du fouloir.

XIII.
LEÇON.

Dans un mixte qui a fermenté, les parties constituantes se composent donc de nouveau; & comme la Nature agit avec d'autant plus de lenteur, qu'elle a dessein de former un ouvrage plus durable, ce n'est qu'après un temps assez long qu'on doit attendre un état décidé & fixe: aussi voyons-nous que les vins qui ont été gardés avec des précautions convenables sont meilleurs & plus constamment bons que ceux de la même qualité qui sont plus nouveaux.

On peut dire que les choses se passent ainsi pour l'ordinaire; mais cette règle générale a des exceptions qui dépendent de plusieurs causes particulières, dans le détail desquelles je ne dois pas entrer ici. Je remarquerai seulement que dans l'intervalle de temps qu'une matière emploie à se recomposer après avoir fermenté, il peut arriver que cette opération naturelle soit troublée par une nouvelle fermentation, ou seulement par quelque évaporation qui diminue encore la

XIII.

LEÇON.

dose des principes d'une certaine espèce ; & alors le nouveau composé ne pourra pas être tel qu'il auroit été sans cet accident ; ainsi le vin qui travaille après être fait, pour parler le langage de l'art, court risque de se gâter s'il n'a que les principes qu'il lui faut pour être bon : & au contraire s'il en a quelques-uns de surabondants dont il puisse se purger, cette nouvelle fermentation y donnera lieu, & pourra le rendre meilleur.

Ce dernier cas est le plus rare ; & c'est pour cela que l'on fixe autant que l'on peut les liqueurs fermentées dans des bouteilles d'une médiocre capacité : ce moyen est assez sûr, quand le vaisseau est bien fermé, incapable de s'étendre comme pourroit faire un tonneau, & assez solide pour résister à l'effort qui se fait au dedans : voici une expérience bien simple qui le prouve.

Dans un tube de verre fermé hermétiquement par un bout, versez d'abord une certaine quantité d'huile de vitriol, & pardessus faites couler doucement autant d'eau commune. Je dis doucement, afin que les deux liqueurs ne fassent que se toucher sans

EXPÉRIMENTAL. L. 287.

se mêler : tenez ensuite le tube fermé, XIII.
ou avec le bout du doigt, ou avec de LIXON.
la cire, & par dessus un morceau de
vessie mouillée, que vous lierez forte-
ment ; mêlez ensuite les deux liqueurs :
en agitant le tube, vous n'aurez
point de fermentation, quoique ce
mélange soit bien capable d'en faire
une ; mais si vous ôtez le bouchon,
vous aurez aussi-tôt une effervescence
considérable.

Il résulte de cette expérience & de
quantité d'autres semblables, que je
pourrois citer ; que la fermentation,
sur-tout celle qui doit être accompa-
gnée d'effervescence, n'a pas lieu dans
un vaisseau bien bouché, & la raison
s'en présente d'elle-même ; les parties
des liqueurs pour fermenter doivent
se désunir & se déplacer ; pour cet
effet il leur faut plus d'espace qu'elles
n'en occupent dans leur état naturel,
car tout assemblage de corps qui se
dérange ne manque pas d'étendre
ses limites : si le lieu où elles sont est
rempli, ou par elles-mêmes, ou par
de l'air qui ne puisse point assez céder
aux efforts qu'elles font pour se mou-
voir, elles seront contenues dans leur

288 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII. **LEÇON.** ancien état, & elles garderont tout au plus, & pour un temps, une disposition prochaine à fermenter, aussi-tôt qu'elles en auront la liberté, comme nous le voyons tous les jours à l'ouverture des bouteilles de vin de Champagne ou de biere nouvelle.

Ce qu'on nomme vulgairement *putréfaction*, ou *pourriture*, n'est autre chose qu'une fermentation qui a fait plus ou moins de progrès, & ne convient qu'à des matieres mixtes, à des corps dont les parties constituantes peuvent se décomposer : de l'eau bien pure, par exemple, ne fermente point seule, parce que toutes ses parties sont homogenes ou comme telles, & qu'après une évaporation considérable, ce qu'il en reste dans le vaisseau est un assemblage de parties, en plus petit nombre à la vérité, mais toujours essentiellement semblables à celles qui ont été évaporées. La corruption que l'on apperçoit dans l'eau, quand il y en a, est une preuve très-certaine qu'elle n'est point pure, & que ce qu'elle contient d'étranger est une matiere mixte capable de s'altérer, & de se décomposer.

Quoique

Quoique l'eau pure ne fermente point par elle-même ; elle peut aider la fermentation des autres corps. Les herbes & les plantes sont assez sujettes à se pourrir & à s'échauffer ; mais on remarque que cela leur arrive principalement dans ces deux circonstances réunies ; 1°. Quand on les coupe en état de verdure , c'est-à-dire , avant qu'elles soient séchées sur pied ; 2°. Lorsqu'on les tient amoncelées sans les remuer.

Les sucres des plantes vertes sont pour l'ordinaire des parties grasses & salines combinées de différentes manières , & étendues dans beaucoup de flegme : tant que ce flegme (qui n'est , à proprement parler , que de l'eau) est assez abondant , il entretient la mobilité des autres principes & la souplesse des fibres qui doivent se prêter à leurs mouvements. Dans une plante vivante , cette fonction de la partie aqueuse entre avec succès dans les vues de la Nature ; c'est un véhicule employé & dirigé selon les loix de la végétation ; mais quand le tranchant du fer a interrompu cette économie ; quand la plante cesse de vé-

XIII.

LEÇON.

XIII.

LEÇON.

géter ; alors chaque principe , comme abandonné à lui-même , & n'étant plus déterminé par les causes qui le faisoient précédemment concourir à la nutrition & à l'accroissement du corps organisé auquel il appartient , demeure libre d'obéir à toute autre détermination. En un mot , on peut regarder tous les autres principes d'une plante morte par rapport au flegme qui les abreuve , comme autant de parties oisives qui nagent dans une certaine quantité d'eau ; si ces parties peuvent s'exhaler promptement , si rien d'ailleurs ne s'oppose à leur évaporation , les plus volatiles abandonneront la masse , & les plus fixes demeureront unies sous un moindre volume : tel est l'état d'une plante qui se desseche.

Mais si cette prompte évaporation n'a pas lieu , la partie aqueuse , toujours fort abondante , agira comme dissolvant sur les autres ; elles les pénétrera , elle les divisera , elle les agitera de toutes les manières ; & à leur tour ces principes développés , & comme aiguillés par la division , porteront aussi leur action sur les solides ;

& il se fera une dissolution générale. Comme tout cela ne peut se faire sans que la matiere du feu se dégage, & se mette en jeu, cette putréfaction doit être accompagnée d'un certain degré de chaleur ; & voilà précisément ce qu'on voit arriver aux légumes , aux feuilles des arbres , & aux herbes vertes que l'on a mis en tas.

XIII.

LEÇON.

C'est donc avec grande raison que l'on prend soin de faire bien sécher les herbes des prairies après qu'on les a fauchées, en les étendant & en les retournant plusieurs fois pendant la plus grande ardeur du soleil : cette façon , qu'on nomme *fanner*, est si nécessaire, que quand on la néglige un peu, ou que le mauvais temps en empêche les effets , le foin ne manque pas de s'échauffer & de prendre un mauvais goût. On assure même qu'on l'a vu quelquefois prendre feu de lui-même dans les granges , & causer d'affreux incendies. Ce que je dis ici du foin doit s'entendre de tous les végétaux , & de la plupart des fruits ; quand il s'agira de les ferrer , ou de les garder long-temps , on doit avoir attention qu'ils soient suffisamment séchés, que

 XIII.
LEÇON.

leurs sucz soient comme fixés par un certain degré d'épaississement, & que les solides qui les renferment ne puissent être entamés, ou amollis par aucune humidité extérieure.

Sans cette dernière précaution, la paille même la plus sèche devient fumier; & le fumier, comme l'on sait, n'est autre chose que la litière des chevaux, des vaches & des autres animaux, qui se pourrit & qui fermente avec les excréments. Comme cette fermentation se fait avec lenteur, le degré de chaleur qui en résulte est doux & peut durer long-temps. C'est pourquoi l'on s'en sert avec beaucoup d'utilité, non-seulement pour engraisser les terres & les fertiliser, mais encore pour échauffer les couches des potagers, & procurer d'avance à certaines plantes la douce température qu'une saison trop tardive ne pourroit leur donner.

Feu M. de Réaumur, toujours aussi attentif qu'il étoit ingénieux à rendre la Physique utile, fit il y a environ 15 ans une application assez importante de ce moyen qui est si facile, & qui coûte si peu. Il s'en servit avec tout le

succès qu'on pouvoit defirer pour suppléer à la chaleur d'un oiseau qui couve. Il laissa aux poules de sa basse-cour le soin de pondre des œufs, & il les dispensa de celui de les faire éclore; de-là il arriva qu'il eut beaucoup plus d'œufs qu'il n'en auroit eu; car on sait que les poules ne pondent point pendant tout le temps qu'elles mettent à couver, & encore au-delà: il plaçoit ces œufs en tel nombre qu'il vouloit dans un ou dans plusieurs paniers plats; il mettoit ces paniers les uns sur les autres dans un tonneau couvert d'une planche arrondie, & entouré de fumier nouveau: un seul homme prenoit soin que la chaleur s'entretînt toujours à peu près égale: (a) au bout de vingt &

XIII.
LEÇON.

(a) Pour cet effet, il y a parmi les œufs un ou plusieurs petits thermometres que l'on a soin de visiter de temps en temps; quand la chaleur est trop forte, on donne un peu d'air frais en ôtant un moment cette planche arrondie; qui sert de couvercle au tonneau, ou en débouchant des trous qu'on y a pratiqués. Si au contraire la chaleur devient trop foible, on ajoute du fumier plus nouveau autour du tonneau. La précaution la plus essentielle qu'on doit avoir, c'est qu'il ne regne point d'humidité dans le tonneau, & pour cela il faut qu'il soit enduit de plâtre en dedans, & que cet en-

XIII.
LEÇON.

un jours, terme ordinaire de l'incubation naturelle, on voit quand on suit ce procédé, éclore des poulets qui ne connoissent point de mere sous l'aile de laquelle ils puissent être reçus: on y supplée en les faisant passer du tonneau dans une caisse longue aussi entourée de fumier, mais inégalement, afin que les nouveaux-nés puissent eux-mêmes choisir le degré de chaleur qui leur convient le mieux.

Voilà donc ces fameux fours d'Egypte (a) si long-temps enviés par d'autres Nations, vainement desirés & tentés par les Princes (b); les voilà duit ait eu tout le temps de sécher: le degré de chaleur le plus convenable, c'est 32 degrés au thermometre de M. de Réaumur; mais quelques degrés de plus ou de moins ne gâtent rien.

(a) Les habitans de Bermé, village d'Egypte à cinq lieues du Caire, sont depuis très-long-temps dans l'usage de faire éclore dans des fours faits exprès des œufs qu'on leur porte par milliers; & de cette pratique dont ils sont seuls en possession, ils se sont fait un commerce très-considérable.

(b) J'ai vu faire il y a environ trente ans, à Chantilly, bien des tentatives inutiles à ce sujet: on se servoit d'étuves avec un feu de lampe; mais apparemment que la vapeur de l'huile empêchoit le succès. Plusieurs fois le poulet s'est formé, mais il n'est jamais venu à bien, ou s'il est éclos, il n'a point vécu.

donc enfin imités, (je dirois presque surpassés, eu égard à la facilité & au peu d'appareil de l'opération,) par des fours de fumiers. Quand on a vu ce dont il est question, quand on en a admiré le succès, on est presque aussi surpris de voir que cela ait été si long-temps à se présenter; & que ce dût être le fruit des recherches d'un grand homme : mais ne fait-on pas que nous nous éloignons souvent des objets que nous cherchons, parce que nous ne pouvons pas nous imaginer qu'ils soient si près de nous? Il y a presque autant de mérite à replier son esprit sur des choses simples pour y recueillir une vérité que personne ne daignoit y chercher, qu'il peut y en avoir à lui laisser prendre tout son essor pour faire une découverte à laquelle bien d'autres prétendent.

Les fours où l'on entretient continuellement un très-grand feu, tels que sont ceux des verreries ou des fayanceries, périssent entièrement & se dissolvent, pour ainsi dire, lorsqu'on les éteint pour les raccommo-der, si l'on ne prend pas la précaution d'en fermer exactement toutes

XIII.

LEÇON.

XIII. les bouches & tous les endroits par où
LEÇON. l'air pourroit y entrer librement. C'est
 un fait que j'ai appris des ouvriers mêmes & des directeurs de ces Manufactures, & contre lequel je les ai vu se mettre en garde. Les effets de l'air humide sur le pyrophore de M. Hornberg, dont nous avons parlé dans la dernière expérience, nous mettent à portée de rendre raison de celui-ci. Car comme cette matiere fortement calcinée se saisit avec avidité des particules d'eau qui la touchent, & qu'elle perd par cette imbibition subite presque toute sa consistance, de même l'humidité de l'air ne manqueroit pas de pénétrer intimement les especes de briques dont ces fours sont fabriqués en dedans, si leurs pores extrêmement dilatés par l'action du feu n'avoient tout le temps qu'il leur faut pour se resserrer, avant qu'on les ouvre pour les réparer.

C'est ici le lieu de dire un mot des météores enflammés qu'on attribue communément à certaines exhalaisons qui s'embrâsent sous différentes formes dans l'Atmosphère, par fermentation ou autrement : c'est un sujet

qu'il seroit bien difficile de traiter à fond , sur-tout si l'on se proposoit. **XIII.**
 non-seulement d'exposer , mais aussi. **LEÇON**
 d'expliquer tous les phénomènes qu'il présente. Presque tous ces feux aériens inspirent plus de frayeur que de curiosité à la plupart de ceux qui en sont témoins ; s'il s'en trouve qui aient le courage de vouloir les observer , ces effets presque toujours momentanés , échappent aux yeux les plus attentifs ; & si l'on veut s'en instruire par le rapport d'autrui , l'amour du merveilleux dans une matière qui n'en a déjà que trop , altere bien souvent la vérité des récits , & enveloppe un fait qui est vrai , dans des circonstances qui ne le sont pas , & qui le rendent inexplicable.

C'est pourquoi nous sommes encore peu instruits sur cette partie de la Physique qui attire depuis tant de siècles les regards & l'attention des hommes. Nous n'avons sur les météores enflammés que des conjectures ; encore est-il plus facile de les attaquer par des objections sérieuses , que de les défendre par des raisons satisfaisantes de tout point : conjectures sur la vraie

matiere de ces feux ; conjectures sur la cause de leur inflammation ; conjectures sur la maniere dont ils opèrent les effets qu'on est comme forcé de leur attribuer ; incertitude par-tout.

A l'égard des matieres que la nature emploie pour ces grandes & effrayantes opérations, il est assez naturel de penser qu'elle les choisit parmi les exhalaisons qui s'élevent de la terre, & qui montent dans l'Atmosphere jusqu'à une certaine hauteur. Ce qui autorise à le croire, c'est que ces feux sont plus fréquents & communément plus considérables ; suivant les lieux & la saison où l'on sait que ces sortes d'exhalaisons propres à s'enflammer, sont plus abondantes ; dans les pays chauds & pendant l'été des autres climats, dans les contrées où le terrain est bitumineux ou mêlé de soufre, on voit plus souvent qu'ailleurs & que dans d'autres temps les phénomènes dont il est question.

Ces petites flammes errantes, par exemple, qu'on nomme *Feux follets*, & auxquelles les gens de la campagne attribuent tant de malignité, se voient assez communément sur la fin de l'été,

ou au commencement de l'automne dans les endroits marécageux & dans les cimetières où la terre est grasse & sulfureuse de sa nature, ou par les cadavres qu'elle renferme; l'état du lieu & celui de la saison déterminent à croire que ce sont des petits nuages d'exhalaisons enflammées, on peut-être simplement phosphoriques qui flottent au gré du vent, & qui continuent de luire jusqu'à ce que la matière qui fournit à l'inflammation, soit entièrement consumée, ou que la lumière dont elle brille, soit éteinte.

XIII.
LEÇON.

Un voyageur mal instruit de la route qu'il doit tenir, court risque de s'égarer, ou de tomber dans quelque précipice, s'il s'obstine à suivre cette lueur incertaine & vacillante; mais ce n'est point, comme on le voit bien, par la malice de son guide; c'est parce qu'il est mal éclairé dans des lieux où il y a assez ordinairement des mares ou des trous pleins d'eau.

J'ai peine à croire, comme l'assure Robert Flud, que quand on se saisit de ces feux, ou que quand on remarque l'endroit où ils se sont posés, on y trouve une matière glaireuse; il faut

XIII.

LEÇON.

droit donc qu'elle fût bien raréfiée, pour se soutenir en l'air si long-temps. Au reste si cette observation étoit bien constatée, il ne faudroit plus regarder ce phénomène comme un feu, comme une vapeur enflammée, mais simplement comme un phosphore volant.

Il n'est pas douteux que parmi une infinité de matieres différentes qui s'exhalent de la terre, il n'y en ait beaucoup qui soient de nature à s'enflammer; les différentes odeurs qui se font sentir dans les jardins, près des cloaques, dans les voiries & ailleurs, nous prouvent incontestablement que les exhalaisons sont de toutes les especes; l'air se charge des sels, des soufres, des huiles, des esprits, comme des parties aqueuses, dont nous n'ignorons pas qu'il est abondamment rempli.

Et toutes ces substances que nous savons être inflammables, lorsqu'elles sont en liqueurs, ne le sont pas moins lorsqu'elles sont subtilisées & réduites en vapeurs. Combien de plantes aromatiques dont on voit les exhalaisons s'enflammer, lorsqu'on en approche une bougie allumée dans un lieu obscur? La fraxinelle, par exem-

ple, est très-propre à cette épreuve : XIII.
 & si l'on veut encore quelque chose de LÉÇON.
 plus frappant, on peut recevoir dans
 une grosse vessie sèche & bien transpa-
 rente la fumée d'un peu d'huile de té-
 rébenthine que l'on fera bouillir dans
 un petit matras sur des charbons ar-
 dents. La vessie étant bien remplie de
 cette fumée, & ouverte seulement d'un
 trou large comme un petit écu, si l'on
 y présente la flamme d'une chandelle,
 toute la vapeur, (fût-elle refroidie,) LÉÇON.
 s'allumera subitement, & plusieurs fois
 successivement.

C'est par de pareilles expériences
 que l'on essaie d'expliquer ces feux
 que nous appercevons si souvent à des
 hauteurs assez considérables dans l'air,
 tantôt sous la forme d'une fusée, &
 que le vulgaire appelle pour cela *Etoi-*
les qui filent, tantôt sous la figure d'un
 petit globe rayonnant de lumière, &
 qui descend avec une médiocre vi-
 tesse, ce que l'on nomme parmi le
 peuple *Etoile Tombante*. Ces apparen-
 ces, dit on, sont causées par des traî-
 nées ou par des petits nuages de va-
 peurs inflammables qui s'allument, &
 dont la lumière prend telle ou telle

XIII. direction , tel ou tel degré de vivacité , suivant la position & la nature
LEÇON. des matieres qui prennent feu.

Il ne manque à cela pour quadrer avec les exemples sur lesquels on s'appuie , que la chandelle qui doit mettre le feu à ces matieres combustibles , & qu'on suppose toutes prêtes à s'enflammer ; mais comme elles sont de nature à fermenter avec d'autres matieres qui peuvent s'être élevées de la terre aussi-bien qu'elles , & que ces sortes de fermentation , comme nous l'avons fait voir , peuvent aller jusqu'à l'inflammation ; on peut encore , sans rien outrer absolument , imaginer que les unes & les autres sont parvenues à la même hauteur par différentes routes , & que le feu qu'on apperçoit , annonce le moment où elles se joignent & se mêlent.

Si cependant ces déflagrations formées de matières spécifiquement différentes , qui s'élèvent dans le même milieu sans se mêler , si ce n'est en certains cas , avoient peine à gagner la confiance du Lecteur ; si de plus ces fermentations enflammées dont nous avons donné un exemple dans la si-

xieme Expérience, bien loin de lui prouver la possibilité de celles qu'on suppose dans l'Atmosphère, (toujours chargée de quelque humidité,) ne faisoient que lui rendre cette supposition plus suspecte, à cause de l'attention scrupuleuse, mais nécessaire, que nous avons eue de n'employer que des matieres bien déflégnées; ce ne seroit pas la peine de suivre plus loin les raisons que l'on prétend donner des autres phénomènes du même genre; car on va voir les *peut-être* se multiplier, & les vraisemblances diminuer à mesure que nous entrerons plus avant dans l'examen des méréores fulminants.

Qu'est-ce que cette lumière vive & subite, qui s'élance d'un nuage entr'ouvert, & qu'on nomme *Éclair*? Quelle est la cause de ce bruit terrible que nous entendons au-dessus de nos têtes, qui éclate de mille manières différentes, & qu'on appelle *Tonnerre*? Enfin qu'est-ce que cette matiere que nous appellons *foudre* ou *careau* qui renverse en un clin-d'œil les édifices les plus solides, qui brûle & qui fond les corps les plus durs, & dont les effets tiennent du prodige, non-seule-

XIII.

LIÇON.

XIII. ment par la grandeur, mais encore plus par leur singularité ?

LEÇON.

Nombre d'Auteurs ont fait leurs efforts pour répondre à ces questions. Parmi ceux qui me paroissent avoir le mieux réussi, on peut consulter principalement une savante Dissertation du Pere de Lozeran, Jésuite, qui fut couronnée par l'Académie de Bordeaux en 1726. On y verra non-seulement, comme dans presque tous les ouvrages où ce sujet est traité, que la matiere propre du tonnerre est composée d'exhalaisons qui s'enflamment : mais on y apprendra encore comment elle se prépare dans la nuée, & par quel mécanisme elle prend son essor. Si l'observation qu'on lit dans une lettre à part, à la suite de cette Dissertation, a été faite par un homme qui ait vu de sang froid tout ce qu'il rapporte, & qui n'ait rien mis de son imagination, il faut avouer que le Pere de Lozeran n'avoit point mal deviné ; & à l'égard de l'observateur, c'est bien le cas de dire qu'il a pris la nature sur le fait.

Sans entrer dans un détail aussi délicat, nous supposons, comme on fait en général, que la matiere du tonnerre

tonnerre est un mélange d'exhalaisons capables de s'enflammer, en fermentant, ou par le choc de la pression des nuées que les vents agitent & poussent violemment les unes contre les autres.

XIII.
LEÇON.

Lorsqu'une portion considérable de ce mélange vient à prendre feu, il se fait une explosion plus forte ou plus foible, suivant la quantité ou la nature des matieres qui s'enflamment, ou suivant le plus ou le moins d'obstacles qui s'oppose à leur expansion subite.

Si l'inflammation se fait d'une médiocre quantité de matieres, & au bord de la nuée; cet effet se passe sans bruit, au moins à notre égard, il n'en résulte qu'un éclat de lumière à peu près comme si nous appercevions de loin une certaine quantité de poudre qui s'enflammât librement en plein air, & sans être renfermée. Voilà l'éclair qui nous éblouit sans nous rien faire entendre. Mais quelle vivacité de lumière pour une simple vapeur qui s'allume loin de nous ! Combien n'en faut-il pas pour nourrir pendant cinq ou six heures & même davantage, tous ces feux qui se succèdent continuelle-

XIII. ment ! Et comment tant de matieres
LEÇON. brûlées ne répandent-elles pas une
odeur qui parvienne jusqu'à nous ; sur-
tout quand il tombe une pluie abon-
dante de l'endroit même où se font
toutes ces déflagrations ! Passons à
d'autres effets.

Qu'une plus grande quantité de cette
même matiere vienne à fermenter dans
le corps même de la nuée ; aussi-tôt
grande effervescence , bouillonne-
ments, explosions : si cette premiere
portion éclatant ainsi en rencontre une
semblable qui n'ait point tout ce qu'il
lui faut de mouvement pour éclater
elle-même, elle l'animera de son ac-
tion , & celle-ci une troisieme : de
proche en proche il se fera une suite
d'explosions d'autant plus violentes,
que ces matieres seront enveloppées
de nuages plus épais. C'est ainsi , dit-
on , que se font ces coups simples ou
redoublés , qu'on entend quand il
tonne , & dont les échos peuvent
encore augmenter la durée.

La nuée entr'ouverte par les gran-
des explosions , laisse échapper une
partie de ces feux qu'elle renferme.
Autant de fois que cela arrive , c'est

un éclair plus vif que les précédents ,
& qui annonce un coup , que nous
n'entendrons pourtant qu'après quel-
ques instans , parce que le bruit ou le
son ne se transmet pas avec autant de
promptitude que la lumiere.

XIII.

Leçon.

Si vous me demandez pourquoi tant
de feux n'échauffent point la nuée qui
les porte , & par quelle raison la pluie
qui en vient n'est pas chaude ? Je ré-
pondrai qu'apparemment cette pluie
se refroidit en traversant l'air pour par-
venir jusqu'à la terre. Mais si vous in-
sistez en observant que toutes les fois
qu'il pleut, même pendant qu'il tonne,
on apperçoit par le thermometre, que
l'air devient plus froid , je conviendrai
du fait , & j'avouerai que c'est une
vraie difficulté qui mérite qu'on y ré-
fléchisse : car de l'eau qu'on peut légi-
timement soupçonner d'avoir été for-
tement échauffée ne doit pas naturel-
lement rendre l'Atmosphère plus froide
qu'elle n'est.

Enfin , faisons tomber la foudre :
mais avant qu'elle s'élance hors de la
nuée , voyons en gros les qualités
qu'elle doit avoir pour opérer , je ne
dis pas toutes ces merveilles , vraies

ou fausses, dont on rempliroit des volumes, si l'on vouloit seulement en faire l'énumération; mais ces principaux effets que personne n'ignore, & qui sont comme la source de toutes les autres.

Tout le monde fait 1^o, que la foudre vient sur l'objet qu'elle frappe, avec une vitesse presque égale à celle de l'éclair qui l'annonce. 2^o, Que sa direction n'est pas toujours celle d'un corps grave qui obéit librement à sa pesanteur, puisqu'elle agit latéralement, & même de bas en haut. 3^o, Qu'elle laisse des marques de percussion violente, comme pourroit faire une masse très-dure. 4^o, Qu'elle est capable d'embrâser, de fondre, de calciner dans un instant tout ce qu'elle touche, ce que feroit à peine le feu le plus actif. 5^o, Qu'elle peut faire périr des animaux, sans qu'on y apperçoive ensuite aucune cause de mort bien marquée. 6^o, Qu'elle laisse souvent après elle une fumée fort épaisse, & une odeur de soufre qui dure longtemps & qui s'étend au loin.

Quiconque entreprend d'expliquer la foudre, doit donc envisager tous

ces effets, & ne proposer pour cause que ce qui est capable de les produire selon les loix établies dans la Nature, & que nous lui voyons suivre dans le reste de ses opérations.

XIII.

LEÇON.

Pour rendre raison de la chute précipitée de la foudre, de la force percussive, de l'embrâsement qu'elle cause &c. n'allons donc pas imaginer *des globes de matieres enflammées, qui enveloppent & qui compriment un noyau d'air, pour en faire un corps dur & si lourd, que la vitesse de sa chute puisse répondre à la grandeur de son poids.* (a) On nous renverroit, & avec raison, au Rudiment de la Physique, pour apprendre que l'air est de toutes les matieres que nous connoissons le moins propre à faire un corps d'un grand poids; que les matieres enflammées le

(a) Je ne combats point ici des erreurs imaginaires: c'est en substance ce que j'ai lu dans un Ouvrage qui a paru il y a quelques années. L'auteur est un homme de mérite que je n'ai point dessein de mortifier par ma critique; mais sa réputation, qu'il soutient très-bien dans les choses qui sont plus directement de son ressort, pourroit en imposer à des Lecteurs timides; & c'est uniquement pour prévenir ce mauvais effet, que je prends la liberté de corriger ses idées.

XIII. & ne le condensent pas ; qu'un tel
Leçon. corps , s'il avoit lieu , pesa-t-il
 vingt milliers , ne tomberoit guere
 plus vite qu'un grain de grêle , &
 enfin que quand il jouiroit de toute la
 vitesse que peut lui donner la pesan-
 teur , sans même avoir égard à la ré-
 sistance d'aucun milieu , il mettroit
 quatre secondes de temps pour faire
 une chute de deux cents quarante
 pieds , ce qui ne ressemble guere à la
 vitesse de la foudre. Si nous épousons
 ces conjectures , tâchons au moins
 qu'elles ne heurtent point de front les
 principes les plus connus & les plus
 certains.

Quelqu'opinion qu'on embrasse de
 toutes celles qui ont paru jusqu'ici
 touchant cette matière (a) la fou-

(a) Il faut pourtant en excepter celle de feu
 M. Maffei qui prétendoit que la foudre ne vient
 point d'en-haut , mais de la terre : ce Savant
 étoit si ferme dans ce sentiment , il prétendoit
 avoir des preuves si fortes pour le soutenir ,
 qu'il ne comprenoit pas même comment on pou-
 voit en embrasser un autre ; on juge bien qu'il
 comptoit au nombre de ses arguments les diffi-
 cultés qu'on peut faire contre l'opinion com-
 mune que nous venons d'exposer , & qu'il en

dre est toujours une vapeur enflammée ~~qui creve la nuée tantôt par en haut , tantôt par en bas , ou de côté , qui s'élance avec une vitesse proportionnée à son explosion : comme la poudre qui s'enflamme dans une bombe, porte son action aux environs quand elle a brisé le métal qui la retenoit ; la foudre part donc à chaque coup de tonnerre qui est précédé d'un éclair , mais elle ne frappe les objets terrestres que quand elle éclate dans une direction qui l'y conduit.~~

XIII.
LIÇON.

Qu'elle arrive avec une vitesse inexprimable , qu'elle enflamme , qu'elle fonde , qu'elle consume ce qu'elle touche , c'est l'effet que l'on conçoit d'une violente explosion , & d'un feu dont l'activité surpasse les idées communes. Quand il ne s'agit que d'étendre notre imagination pour atteindre à des conceptions dont les germes , pour ainsi dire , nous sont déjà familiers ; cela coûte beaucoup moins que

connoissoit , comme nous , & peut-être mieux que nous , tous les endroits foibles. Sans adopter Aristement la prétention de M. Maffei , je suis bien-aïse de faire remarquer qu'un habile homme a prétendu que la foudre n'est point une matière enflammée qui tombe de la nuée.

XIII.

LEÇON.

de passer tout d'un coup à des idées neuves, à des idées qui ne sont soutenues par aucun exemple. Je fais qu'une fusée, à laquelle on met le feu, s'élance dans l'air, & va crever à trois cents ou quatre cents pieds de distance; cette image, toute foible qu'elle est, m'aide à regarder, au moins comme possible, l'arrivée presque subite d'un feu tout autrement préparé dans la partie moyenne de l'Atmosphère, & tout ce qu'il peut faire ici bas, soit en qualité de feu, soit en qualité de vapeur pénétrante, embrasement de charpentes, fusion de métaux, suffocation d'animaux, &c.

L'esprit ne trouve pas de même de quoi s'appuyer quand il considère ces grands chocs, ces percussions qui paroissent n'avoir porté qu'en un seul endroit, & dont les marques ressemblent bien mieux à celles qu'auroit dû laisser un boulet de canon, ou la chute d'un rocher, qu'aux impressions toujours plus étendues d'un fluide qui auroit heurté avec la dernière violence; j'ai vu moi-même de ces coups de tonnerre tout récents dans de gros murs: rien ne ressembloit
mieux.

mieux à l'enfoncement qu'auroit fait un corps très-dur, lancé avec la plus grande force. J'ai vu des poutres brisées par le même accident, où l'endroit du choc étoit marqué par une place noircie, à peu près large comme la main.

XIII.
LEÇON.

Gardons-nous bien cependant, pour nous mettre l'esprit à l'aise sur ces phénomènes, de faire naître dans la nuée des corps durs & pesants, des masses solides qui répondent à l'idée que nous avons de la force percussive du tonnerre; de ces *pierres de foudre*, par exemple, dont on prétend avoir encore les précieux restes en plusieurs endroits, & qui ne sont aux yeux des connoisseurs que des pyrites ou des pierres, dont l'espece est connue: il faudroit que ces masses fussent bien autrement grandes qu'on ne nous les montre, avec toute la vitesse qu'on leur suppose, pour faire en qualité de corps durs les effets que produit souvent un coup de tonnerre. Il faudroit encore qu'ils ne se formassent que dans l'instant même qu'ils commencent à tomber; car comment se soutiendroient-ils dans un fluide qui ne

peut porter que des vapeurs ?

XIII. **LEÇON.** Achéons d'exposer l'opinion la plus vraisemblable & la plus reçue, en supposant pour l'effet dont il s'agit, que la matière de la foudre, toujours de la même nature que celle des éclairs, n'en diffère en ce dernier cas que parce qu'elle a été chassée de la nuée avant que d'avoir fait son explosion. Semblable à la bombe qu'une charge de poudre chasse du mortier avant qu'elle creve, cette matière, lorsqu'elle est arrivée à terre, éclate contre l'objet solide qu'elle rencontre ; elle l'enfonce, elle le rompt à l'endroit où elle le touche ; elle ne l'enflamme point si elle n'a pas eu le temps de le toucher assez, de s'y attacher avant que d'éclater, & de se dissiper. On conçoit bien qu'un tel effet ne peut se passer ni sans fumée, ni sans odeur.

Après tout ce que je viens de dire touchant les météores enflammés, ne me reprochera-t-on pas d'avoir jetté plus d'incertitudes que d'instructions dans l'esprit de mon Lecteur ? J'ai cependant compté l'instruire en lui montrant les endroits foibles du sys-

tême que j'exposois, afin que s'il n'en est pas plus content que je le suis, il suspende son jugement comme je suspend le mien, & qu'il se tienne toujours prêt à examiner sans prévention tout ce qu'on pourra essayer de dire par la suite sur le même sujet.

XIII.

LEÇON.

Si quelqu'un, par exemple, entreprenoit de prouver par une comparaison bien suivie des phénomènes, que le tonnerre est entre les mains de la Nature ce que l'électricité est entre les nôtres, que ces merveilles dont nous disposons maintenant à notre gré, sont de petites imitations de ces grands effets qui nous effrayent, & que tout dépend du même mécanisme; si l'on faisoit voir qu'une nuée préparée par l'action des vents, par la chaleur, par le mélange des exhalaisons, &c. est vis-à-vis d'un objet terrestre, ce qu'est le corps électrisé, en présence & à une certaine proximité de celui qui ne l'est pas; j'avoue que cette idée, si elle étoit bien soutenue, me plairoit beaucoup; & pour la soutenir, combien de raisons spécieuses ne se présentent pas à un homme qui est au fait de l'électricité?

D d ij

316 LEÇONS DE PHYSIQUE

LEÇON. XIII. L'universalité de la matiere électrique, la promptitude de son action, son inflammabilité & son activité à enflammer d'autres matieres, la propriété qu'elle a de frapper les corps extérieurement & intérieurement jusques dans leurs moindres parties, l'exemple singulier que nous avons de cet effet dans l'expérience de Leyde, l'idée qu'on peut légitimement s'en faire, en supposant un plus grand degré de vertu électrique, &c. tous ces points d'analogie que je médite depuis quelque temps, commencent à me faire croire, qu'on pourroit en prenant l'électricité pour modele, se former touchant le tonnerre & les éclairs des idées plus saines & plus vraisemblables que tout ce qu'on a imaginé jusqu'à présent (a). Mais il est temps de finir cette digression, & d'achever ce que nous avons à dire sur les différentes manieres dont on peut exciter l'action du feu.

Il en est une que la nature pratique d'elle-même, & qui n'a besoin du secours de l'art, que quand il s'agit de

(a) Depuis la premiere édition de ce volume, ces conjectures sont devenues des certitudes, Voy. mes Lettr. sur l'électricité, &c. 1752.

porter les effets jusqu'à l'embrâsement. Le soleil en éclairant la terre, entretient un certain degré de mouvement dans le feu, qui appartient à cette Planete; tous les corps terrestres dont les plus petits vuides sont occupés par cet élément, se ressentent plus ou moins de son action, suivant que leur nature les en rend plus ou moins susceptibles, ou que l'astre qui l'excite, les regarde plus ou moins directement : & tout est mesuré de maniere, que comme l'influence du soleil n'est jamais sans effet, aussi la chaleur qui en résulte se contient-elle toujours dans des bornes qui sont beaucoup au-dessous de ce que nous appellons embrâsement.

XIII.
LEÇON.

Mais ces mêmes rayons qui n'excitent qu'un degré de chaleur assez limité, quand on les reçoit dans l'ordre qu'ils ont naturellement entr'eux, en venant immédiatement du soleil, échauffent considérablement, brûlent, enflamment & consomment les corps sur lesquels on les multiplie; ce qui peut se faire par plusieurs moyens dont je vais donner quelques exemples, en commençant par le plus simple.

D d iij

VIII. EXPERIENCE.

XIII.

LEÇON.

PRÉPARATION.

Que huit ou dix personnes reçoivent en même temps les rayons du soleil sur des miroirs plans de trois ou quatre pouces de diamètre ; & que chacune d'elles ait soin de faire réfléchir ces rayons sur la boule d'un thermometre placé d'une maniere convenable à une distance de douze ou quinze pieds. Voyez la fig. 9.

EFFETS.

En peu de temps on verra la liqueur du thermometre monter beaucoup au-dessus de l'endroit où elle étoit avant que de recevoir toutes les images coincidentes du Soleil.

EXPLICATIONS.

Je ne veux considérer ici que l'effet de plusieurs images du soleil réunies, appliquées en même temps sur le même objet, renvoyant à la quinziesme Leçon tout ce que j'ai à dire touchant l'espece de mouvement qu'on doit attribuer aux rayons solaires, tou-



Fig 9



chant la cause & les loix de leur réflexion, &c.

XIII.

LEÇON.

Chacun des Miroirs plans de notre expérience, reçoit un certain nombre de rayons, dont une partie demeure sans action (au moins pour l'effet dont il s'agit) à cause des imperfections inévitables de la surface réfléchissante ; le reste est renvoyé dans un espace un peu plus grand que le miroir, pour des raisons que je dirai ailleurs ; ainsi le nombre des rayons étant diminué d'une part, & leur action affoiblie, puisqu'elle est étendue sur une plus grande place, il arrive que le thermometre, s'il n'étoit exposé qu'à une seule de ces images réfléchies du soleil, recevrait moins de chaleur, que s'il étoit exposé, comme le miroir, aux rayons directs. Mais ce déchet ou cet affoiblissement de l'image du Soleil réfléchi, n'est point aussi considérable qu'on pourroit le croire : on voit par les expériences de M. du Fay, que la dixieme partie des rayons solaires renvoyés par un miroir plan d'un pied en quarré, à la distance de cent toises, avoient encore la force de brûler, quand on les

===== rassembloit dans un très-petit espace , de la maniere dont nous ferons mention ci-après.

XIII.

LEÇON.

Huit ou dix images du Soleil semblables à celles dont je viens de parler , étant donc réunies sur un même espace , quoique chacune d'elle soit un peu affoiblie , toutes ensemble produisent un assez grand degré de chaleur ; & l'on conçoit bien , qu'en multipliant ainsi ces images , sur le même sujet , on pourroit l'échauffer , jusqu'à le brûler ou le fondre , car il n'en est pas de ces rayons multipliés & réunis , comme de plusieurs qui auroient chacun un certain degré de chaleur. Une pinte d'eau chaude , multipliée huit ou dix fois dans le même vase , ne fera pas monter le thermometre au-delà de ce qu'une seule pourroit faire ; ou , si l'on veut que l'égalité des volumes , dans l'exemple que je veux donner , répond mieux à l'unité d'espace qui reçoit les rayons , quatorze livres de mercure ne communiquent pas plus de chaleur à un petit corps , qu'une livre d'eau chauffée au même degré ; au lieu que chaque rayon solaire est doué d'une puis-

sance dont l'intensité croît par cela même qu'elle est unie avec d'autres puissances semblables.

IX. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

La figure 10 représente un miroir rond & concave, de métal, qui a environ deux pieds de largeur, & dont la concavité fait partie d'une sphere de cinq pieds de diametre. On oppose ce miroir au Soleil, de façon que son axe *AB* fasse un angle fort aigu avec les rayons incidents de cet Astre.

E F F E T S.

On apperçoit un cône de lumière très-vive, dont la base est appuyée sur la surface du miroir; & si l'on présente au sommet *C* de ce cône, quelque éclat de bois, ou quelque autre corps combustible, le feu y prend dans le moment même, ce qu'on apperçoit par la fumée épaisse, & par la flamme qui en sortent. Une lame de plomb, ou d'argent, qu'on tient avec une pince longue, pendant quelques instans, au même endroit, s'y fond & tombe

322. LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII.
LEÇON. par gouttes ; les pierres s'y calcinent , & les matieres qui peuvent se convertir en verre, s'y vitrifient. Mais pour ce dernier effet , comme il faut tenir la matiere en fusion pendant quelque temps , il faut qu'elle soit posée dans un petit creux fait dans un charbon que l'on tient au foyer C.

E X P L I C A T I O N .

Puisque les Géometres considèrent le cercle comme un polygone d'une infinité de côtés , & que les surfaces tiennent tout ce qu'elles sont de la nature des lignes qui les composent , nous pouvons regarder la surface réfléchissante de notre miroir , comme un assemblage d'un très-grand nombre de petits miroirs plans , insensiblement inclinés les uns aux autres , selon la courbure d'une sphere , & supposer , jusqu'à ce que nous le prouvions ailleurs comme il convient , que chacun d'eux recevant l'image du Soleil , ou un petit bouquet de rayons lumineux venant de cet Astre , se trouve justement tourné de maniere à le réfléchir au point C , ou fort près aux environs. On voit par-là , comment

toutes ces images sont rassemblées dans un petit espace ; & comme on a fait voir par l'expérience précédente, que plusieurs images du Soleil coïncidentes au même endroit , y augmentent la chaleur , à proportion de leur nombre , on conçoit aisément que toutes les facettes qu'on peut imaginer dans un miroir concave , qui a deux pieds de diametre , peuvent former , par les rayons qu'elles réfléchissent , un foyer assez ardent pour produire les effets dont j'ai fait mention.

Ce qu'on ne peut assez admirer , c'est la grande activité de ce feu élémentaire , qui dans un instant prend toute sa force , & qui la perd de même ; dans ce même foyer ou ce métal couloit , il n'y reste aucune marque de chaleur extraordinaire , dès qu'un simple voile vient à cacher le miroir.

X. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Recevez les rayons du Soleil sur un de ces verres , avec lesquels on voit les objets plus gros qu'avec la vue sim-

XIII.

Leçon.

XIII. ple, & qu'on nomme vulgairement
LEÇON. *loupes* ou *lentilles*, parce qu'ils sont
 terminés par deux surfaces convexes,
 dont chacune est une portion de
 sphere. *Fig. 11.*

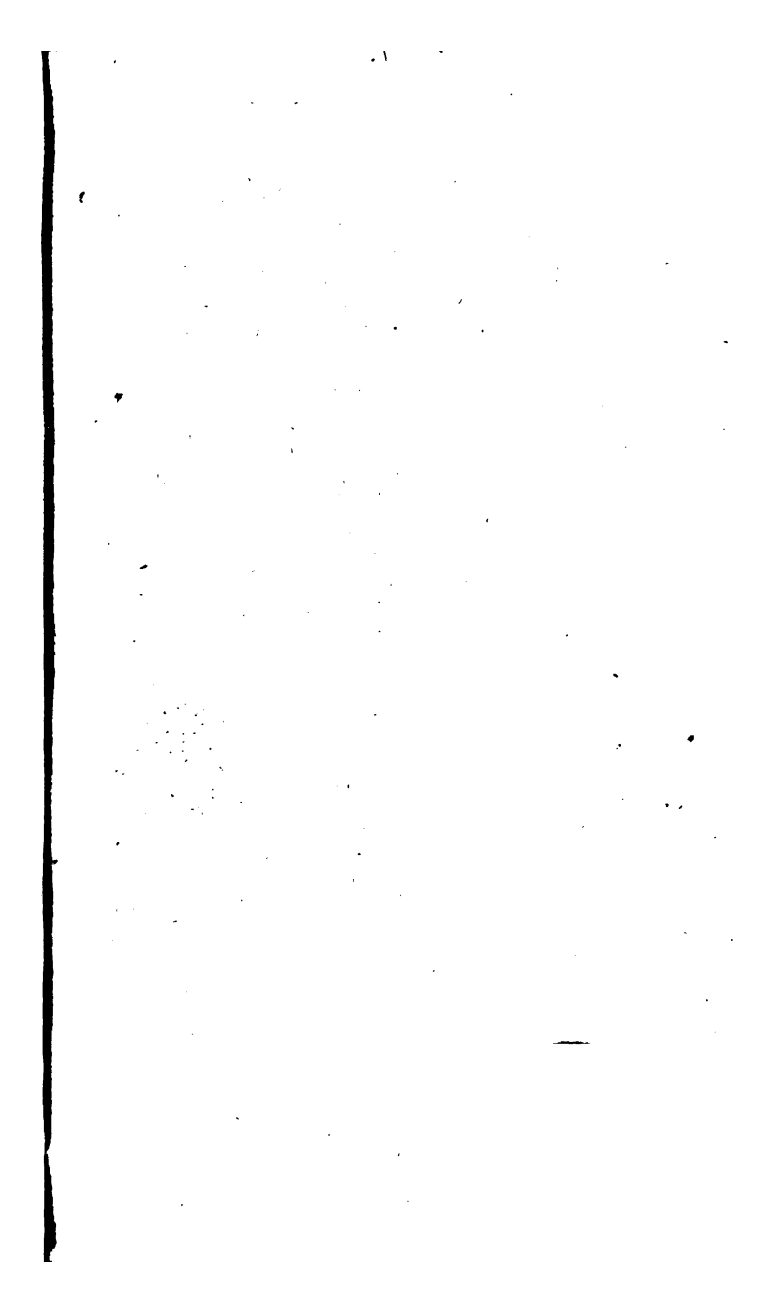
E F F E T S.

A quelques pouces au-delà de ce verre, s'il est un peu large & fort épais du milieu, vous appercevrez le sommet d'un cône de lumière, dont la base sera appuyée sur la surface postérieure du verre; comme celui de l'expérience précédente avoit la sienne posée sur la surface antérieure du miroir.

Au sommet de ce cône, si vous exposez quelque matière combustible, comme de l'amadou, du drap, un morceau de feutre, vous le verrez fumer & prendre feu dans l'instant.

E X P L I C A T I O N S.

Je me dispense encore ici de faire connoître par quelle raison une lentille de verre rassemble les rayons solaires ou leur action dans un petit espace, renvoyant cette théorie à la Leçon qui comprendra les principes de





la Dioptrique. Je me contente à présent de considérer ces rayons réunis, XIII.
 par un moyen différent de ceux que LEÇON.
 j'ai employés précédemment, & d'en tirer cette conséquence, que de quelque maniere que cela se fasse, ce feu, pour ainsi dire, concentré, devient d'autant plus actif, qu'il est rassemblé en plus grande quantité dans un petit espace ; que son action se transmettant aux parties de son espece, aux parties ignées qui sont cachées & comme assoupies dans les pores d'une matiere, les excite, jusqu'au point d'y faire naître, non-seulement de la chaleur, mais même un véritable embrâsement.

Qu'on ne croie pas cependant que cet effet vienne de quelque propriété appartenante à la matiere du verre, tout dépend de la transparence & de la figure ; & cela est si vrai, qu'une masse d'eau bien nette, que l'on fait geler dans un vase qui a la forme d'une demi-lentille, & que l'on expose un moment aux rayons du Soleil, après l'avoir détachée de son moule, occasionne comme le verre de notre expérience, un foyer où l'on voit brû-

326 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIII. **LEÇON.** **ler** le linge, le bois, &c. Je fais voir la même chose & en tout temps dans mes leçons publiques, avec une masse d'eau contenue dans une forte de vaisseau de verre qui a la forme d'une grande lentille.

Ce n'est pas non plus de la matiere du miroir que dépend essentiellement le foyer brûlant dont nous avons vu les effets : c'est encore de la figure & du poli de la surface : rien ne le prouve mieux, que de mettre le feu, comme on le peut faire, aux corps combustibles, avec des miroirs de plâtre ou de carton doré. Il s'est trouvé même des gens assez oisifs & assez patients pour en faire avec des lames de paille choisie, arrangées & proprement collées sur une surface sphérique concave ; & avec cette paille ainsi disposée, on mettoit le feu à d'autre paille.

A P P L I C A T I O N S.

Il passe pour certain dans l'esprit de bien des gens, qu'Archimedes mit le feu à la flotte des Romains, lorsqu'ils étoient devant Syracuse pour en faire le siege. Et plusieurs Historiens qui font mention de cet événement, di-

sent que cela se fit par le moyen de certains miroirs , qui placés sur les remparts de la Ville , réunissoient les rayons du Soleil en quelque endroit d'un vaisseau des Assiégeants. Les Physiciens moins occupés de la vérité du fait (encore douteux par bien des raisons) (a) , que de sa possibilité , se sont partagés de sentiments , parce qu'ils ont pris des idées différentes de la construction des miroirs , & de la distance à laquelle ils ont dû agir.

XIII.
Leçon.

L'effet dont il est question , devient d'une difficulté qui le peut faire regarder comme impossible , si l'on suppose un miroir d'une seule surface , dont le foyer soit à un éloignement de six ou sept cents pieds , tel que pourroit bien être celui d'une flotte qui assiege une ville. Car alors il faudroit que le miroir fût d'une grandeur à laquelle l'art ne peut atteindre moralement parlant , & en voici la raison.

(a) Consultez sur ce sujet une Dissertation de Bulfinger , qui a pour titre de *Speculo Archimedis* ; & le Mémoire de M. de Buffon , lu à la rentrée publique de l'Académie après Pâque 1747 , *Mém. de l'Acad. des Sc. pour l'année 1747.*

XIII.
LEÇON.

Souvenons-nous de ce qui a été dit plus haut d'après M. Du Fay, que tous rayons du Soleil qui sont réfléchis par un miroir plan, d'un pied en quarré, s'étendent & s'écartent tellement après la réflexion, qu'à six cents pieds de-là ils occupent un espace environ dix fois aussi grand que le miroir. D'où il suit que dans un pied quarré de cette place illuminée par la lumière réfléchie, il n'y a que la dixieme partie des rayons qui sont partis du miroir. Un thermometre y seroit donc dix fois moins échauffé, qu'il ne le seroit s'il étoit plongé dans ces mêmes rayons, à une petite distance du miroir, comme de sept ou huit pieds, où l'image du Soleil réfléchie n'est point encore considérablement agrandie.

Maintenant considérons le miroir concave d'une seule surface, dont le foyer seroit à six cents pieds, comme divisé en plusieurs portions quarrées, semblables au miroir plan, dont je viens de parler (a); il faudroit qu'il

(a) Cette comparaison ne doit pas être prise à la rigueur, puisque chaque portion quarrée du miroir concave, seroit elle-même

en

en comprît dix pour rassembler à six cents pieds sur un espace d'un pied en quarré , autant de rayons qu'il en vient du Soleil sur un seul de ces quarrés ; & par conséquent il seroit nécessaire de multiplier beaucoup le nombre des quarrés , ou (ce qui est la même chose) d'augmenter la grandeur du miroir plus qu'on ne peut espérer de le pouvoir faire , pour lui procurer un foyer brûlant à la distance dont il s'agit.

XIII.
LEÇON.

On pourroit donc regarder le fait d'Archimedes , non-seulement comme apocryphe , mais même comme impossible , si l'on avoit d'assez fortes raisons pour croire que la flotte des Romains ne s'approchât point des murs de Syracuse plus près que six cents pieds , & que ce grand Mécanicien n'eût en sa disposition qu'un miroir d'une seule piece.

Mais rien n'oblige absolument à croire ni l'un ni l'autre ; il paroît-même

un petit miroir un peu concave ; mais comme cette concavité seroit peu sensible , nous la comptons pour rien dans une explication qui ne doit servir qu'à faire entendre ce que nous avons présentement en vue.

Tome IV.

E c

X I I I. par le témoignage de quelques Au-
LEÇON. teurs (a), que la flotte Romaine s'a-
 vança vers la Ville jusqu'à la portée
 d'un trait qui se lançoit avec la main :
 ce qui nous donne l'idée d'une dis-
 tance bien au-dessous de six cents
 pieds ; & l'on peut légitimement sup-
 poser que l'ingénieux Archimedes ,
 dans une Ville riche & accommodée
 de tout point , s'est aidé de plusieurs
 miroirs , s'il n'a pu avec un seul rem-
 plir tout son dessein.

Au reste , en ne considérant que la
 possibilité du fait , nous pouvons as-
 surer maintenant sur la foi de la théo-
 rie & de l'expérience , qu'avec des
 miroirs dont l'exécution n'est pas trop
 difficile , on peut faire un foyer brû-
 lant qui atteigne plus loin que le ja-
 velot qu'on lançoit avec la main. Pour
 éviter les frais d'un grand miroir de
 métal , dont la matiere & les façons
 ne peuvent jamais être que d'un prix
 assez considérable , plusieurs Phy-
 siens de ces derniers temps ont pris le
 parti d'en composer avec des mor-
 ceaux de miroirs plans , attachés dans

(a) Voyez le Mémoire de M. de Buffon , cité
 plus haut.

une espece de chassis, & arrangés de maniere qu'étant exposés au Soleil, ils réfléchissoient tous vers le même endroit. M. de Buffon qui a beaucoup enchéri sur cette premiere ébauche, en a fait construire un dernièrement, dont les effets ont agréablement surpris tous les curieux qui en ont été témoins. Ce miroir actuellement brûle du bois à deux cents pieds, fond de l'étain à cent cinquante pieds, & du plomb à cent quarante (a), & son inventeur compte qu'il lui fera faire la même chose, à une distance encore plus grande.

XIII.

Leçon.

Je dis son inventeur, car quoique M. de Buffon ne soit pas le premier qui ait fait des miroirs ardents de plusieurs pieces, le sien est tellement supérieur aux autres par la grandeur de ses effets, & par l'ordonnance de sa construction, qu'il mérite de passer pour l'Auteur de cette belle machine,

(a) M. de Buffon s'est aidé, pour la construction de ce miroir, de M. Passemont, dont les talents sont très-connus, sur-tout pour ce qui regarde les instruments de Dioptrique & de Catoptrique, & en particulier pour les télescopes de réflexion, dont il a donné un Traité il y a environ 20 ans.

 XIII.
 LEÇON.

comme Boyle passe pour être celui de la pompe pneumatique dans l'esprit de bien des gens, qui n'ignorent peut-être pas qu'il a été précédé en cela par Otto Guerik.

Une des perfections qu'on admire avec raison, dans le miroir dont je parle, c'est que son foyer peut se porter à différentes distances, chacune des petites glaces dont il est composé étant mobile, & pouvant se fixer aisément à différents degrés d'inclinaison, de sorte qu'avec les mêmes pièces on peut faire un miroir plus ou moins concave.

Puisque les rayons du Soleil, réfléchis même par des miroirs plans, ne perdent pas le pouvoir qu'ils ont d'échauffer les corps sur lesquels on les fait tomber, on doit s'attendre de voir augmenter la chaleur dans tous les endroits exposés à de pareilles réflexions, & pour cet effet il n'est pas besoin qu'il y ait de ces corps polis, que nous appelons communément *miroirs*. Presque toutes les surfaces réfléchissent la lumière, sinon visiblement, du moins d'une manière imperceptible, qui se fait sentir avec le

temps. Ainsi une muraille, sur-tout si elle est blanche & unie, une chaîne de rochers, une montagne, & généralement tout corps solide opposé au Soleil, est capable d'en renvoyer les rayons, & de causer des augmentations de chaleur particulières à certains endroits, & qui ne tirent point à conséquence pour la température générale de l'atmosphère.

Les personnes qui tiennent un état des variations du froid & du chaud de chaque saison, en consultant tous les jours le thermomètre à certaines heures, doivent donc examiner avec attention si le lieu où l'instrument est placé, ne reçoit pas des rayons du Soleil réfléchis par quelque édifice ou autrement; car comme cette cause accidentelle est variable, à cause des différentes hauteurs du Soleil, & par bien d'autres raisons, les observations sur lesquelles elle influeroit, ne manqueroient pas de se ressentir de ces irrégularités.

Quand les rayons réfléchis se mêlent à ceux qui viennent directement du Soleil, il en résulte une augmentation de chaleur bien plus sensible en-

XIII.
LEÇON.

XIII. core, & plus efficace. C'est pour cette raison sans doute que les fruits
Leçon. qui viennent en espaliers, & que les légumes qu'on plante ou qu'on sème à l'abri d'une muraille exposée au midi, sont ordinairement plus hâtifs, & mûrissent mieux que les autres; il y en a tels, qui sans ce moyen ne parviendroient jamais à maturité dans certains climats.

Le voyageur trouve la chaleur en Été moins supportable dans les lieux creux ou dans les vallées, que sur les hauteurs; c'est que la masse de l'air qui y est échauffée comme par-tout ailleurs, par les rayons directs du Soleil, l'est encore par une infinité de réflexions, dont les effets sont d'autant plus forts, que les côteaux sont plus arides, plus remplis de rochers découverts, & opposés de plus près les uns aux autres.

Si le verre de la onzième Expérience étoit beaucoup plus large, il recevrait & réunirait à son foyer un plus grand nombre de rayons solaires; & puisque une lentille de quelques pouces de diamètre, en rassemble déjà assez pour brûler, quels effets ne de-

vrait-on pas attendre d'un corps diaphane, qui avec cette figure lenticulaire, auroit un diametre de trois ou quatre pieds? La Chymie qui doit à l'action du feu presque tout ce quelle nous offre de curieux & d'utile, auroit lieu d'attendre de grands secours, & d'heureuses découvertes, si, à l'aide d'un pareil instrument, elle pouvoit substituer, en certaines occasions, le feu pur du Soleil, à celui de ses fourneaux, dont elle a, pour ainsi dire, épuisé le pouvoir.

Tels étoient les regrets & les desirs des Chymistes, lorsque M. Tschirnhausen, plus à portée que personne de les entendre, (car il étoit Allemand) produisit ces fameux verres ardents, dont les principaux effets sont décrits dans l'Histoire de l'Académie des Sciences 1699, p. 90 & suiv. M. le Duc d'Orléans, Régent, plein de zele pour le progrès des sciences & des arts, en acheta un dont il fit faire plusieurs épreuves en sa présence, & qui servit depuis en différents temps à Messieurs Homberg, Geoffroy, &c. pour faire plusieurs expériences curieuses, dont on trouve les résultats dans les Mé-

XIII.
LEÇON.

336 LEÇONS DE PHYSIQUE

moires de l'Académie. *Ce verre appartient actuellement à l'Académie Royale des Sciences; il est convexe des deux côtés, & est portion de deux sphères, dont chacune auroit douze pieds de rayon; il pèse 160 livres; & pour donner une idée de l'activité de son foyer, il suffira de dire ici, que l'or y fume, & se disperse en plusieurs petites gouttes imperceptibles, qui sautent de tous côtés.

XIII.

LEÇON.

* 1702.

pag. 141.

1705. pag.

39.

1707. pag.

40.

1709. pag.

162.

1711 pag.

36.

Quoique ces sortes de miroirs transparents aient assez bien répondu à l'idée avantageuse qu'on s'en étoit faite d'avance, que par leur moyen on puisse obtenir des effets qu'on ne peut pas se promettre avec un feu moins pur, avec notre feu commun, on peut les regarder cependant comme une ressource sur laquelle il n'y a guere à compter pour des particuliers, tant à cause de la dépense qu'ils exigent, que par les difficultés qu'on trouve à les mettre en usage; à peine trouve-t-on dans toute une année huit ou dix jours propres à ces sortes d'opérations, encore n'est-ce point dans l'Été qu'il les faut choisir: car (ce qu'on n'auroit jamais voulu croire,

toire, si l'expérience ne l'avoit fait voir, les grandes chaleurs nuisent considérablement à ces effets; de plus, on a toutes les peines imaginables à tenir au foyer les matieres qu'on voudroit y travailler; & enfin l'embaras de manier une pareille machine, ajoute beaucoup à la délicatesse des Manipulations, qui exige souvent une industrie peu commune de la part de l'Artiste.

Le frottement ou les coups redoublés, la fermentation & l'effervescence, la réunion des rayons solaires; voilà donc les principaux moyens par lesquels nous voyons commencer l'embrâsement ou l'inflammation des matieres combustibles. Nous allons voir dans la Leçon qui suit, comment ce feu, une fois excité, exerce son action sur les autres corps, à quoi l'on peut réduire ses principaux effets, & de quelle maniere on peut les entretenir, les augmenter, les modérer & les faire cesser.





XIV. LEÇON.

Suite des propriétés du Feu.

III. SECTION.

Des effets du Feu.

Tous les effets du feu, quoiqu'ils nous paroissent extrêmement variés & multipliés , peuvent se rapporter à ces deux chefs. 1°. *Luire ou éclairer.* 2°. *Raréfier les corps* , c'est-à-dire , étendre dans un plus grand espace les parties qui les composent , en diminuer ou en faire cesser l'union & la cohérence. De ces deux effets principaux je ne veux développer ici que le dernier , l'autre appartenant à la lumière dont je dois traiter dans le cinquieme volume. Je me propose donc de suivre l'action du feu sur différentes matieres , de faire remarquer les divers changements qui ont coutume d'en résulter , selon la nature du corps qui s'échauffe ou qui s'embrâse.

Ces deux causes combinées, je ~~veux dire~~ le degré de chaleur & le choix de la matiere que l'on chauffe, nous font voir dans les effets du feu, des variétés si considérables, qu'un esprit peu circonspect pourroit croire que la nature opere les contraires par la même voie. On amollit certains corps au même feu qui en durcit d'autres; dans le même fourneau l'on voit couler telles & telles matieres, où d'autres qui étoient molles se durcissent. Ce qui devient liquide par un certain degré de chaleur, s'épaissit jusqu'à être un corps dur quand on le chauffe davantage. Un métal se purifie au feu, tandis qu'un autre s'y altere, &c.

Ces changements si différents entre eux, commencent tous, ou sont précédés par un premier effet qui est commun à tous les degrés de chaleur & à toutes les especes de matieres sur lesquelles on fait agir le feu. Avant tout autre changement, le corps chauffé se dilate, sa masse se raréfie, son volume augmente, & cela est si général, que le pouvoir de pénétrer & de raréfier tout, peut être re-

340 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV.

LEÇON.

gardé comme le caractère distinctif du feu : nous voyons bien des matieres qui en pénètrent d'autres , & qui les dilatent ; mais je ne connois que le feu qui s'insinue sans exception dans tous les corps, qui rende leur matiere plus rare, & qui désunisse nécessairement leurs parties. Etablissons ceci sur des expériences bien décisives ; & pour faire voir combien cette vérité a d'étendue, chauffons des liquides & des solides , & parmi ceux-ci choisissons par préférence les corps les plus compacts, les plus durs , & ceux dont les parties ont le plus de roideur ; le verre , par exemple , & les métaux , afin que le Lecteur voyant la dilatation bien prouvée dans les especes qui semblent les moins dilatables , soit comme forcé de la conclure à *fortiori* pour toutes les autres.

PREMIERE EXPERIENCE.

PREPARATION.

A, Fig. 1. est un vaisseau de verre formé d'une boule creuse de la grosseur d'une orange , ou à peu près , & d'un tube long de douze ou quinze

pouces, dont le diamètre intérieur n'a guere qu'une ligne; ce vaisseau est rempli d'eau colorée jusqu'en *a*, où l'on met une marque avec un fil noué ou autrement, mais toujours de manière qu'on puisse la changer de place. Si l'on tient d'une main cet instrument, qui ressemble assez à un gros thermomètre, & qu'on en plonge la boule pendant quelques instants, dans un vase rempli d'eau prête à bouillir; on apperçoit ce qui suit.

XIV.
LEÇON.

E F F E T S.

Pendant l'immersion de la boule, on voit la liqueur du tube descendre précipitamment de huit ou dix lignes, & quelquefois davantage, au-dessous de la marque qui est en *a*, & remonter ensuite un peu plus haut que cet endroit, dès qu'on a ôté la boule de l'eau chaude.

Si l'on remet la marque où la liqueur a cessé de monter, & qu'on replonge la boule, on apperçoit encore le même effet, & ainsi plusieurs fois de suite.

Mais les dernières immersions font moins descendre la liqueur que les

XIV. premières, & cette liqueur, en remon-
LEÇON. tant excède la marque, d'autant plus que la boule a été plongée un plus grand nombre de fois, ou que ses immersions ont été d'une plus longue durée.

EXPLICATIONS.

Quand un corps chaud en touche un autre qui l'est moins, il lui communique de sa chaleur suivant de certaines proportions, dont j'aurai occasion de parler dans la suite; c'est-à-dire, que le feu ou son action passe de l'un à l'autre, & continueroit d'y passer, s'il y avoit assez de temps, jusqu'à ce que les deux corps unis, l'un en se refroidissant, l'autre en s'échauffant, eussent acquis une température commune & nouvelle pour tous les deux.

Ainsi le feu qui est dans l'eau du vase *B*, pénétrant l'épaisseur de la boule de verre qu'on y plonge, en écarte les parties, & augmente par cet effet sa capacité; la boule devenue plus grande reçoit une portion de la liqueur qui est dans le tube, ce qui ne peut manquer de causer un vuide au-dessous de la marque *a*.

Mais aussi-tôt que cette boule est sortie de l'eau chaude, elle est bien-tôt refroidie, tant par l'air qui la touche extérieurement, que par l'eau qu'elle contient, & qui n'a pas eu le temps de s'échauffer comme elle. Ses parties se rapprochent donc, elle reprend à peu-près sa première capacité, & ne pouvant plus contenir la portion de liqueur qui étoit descendue du tube, elle doit l'obliger à remonter vers *a*.

XIV.

LEÇON.

La liqueur y remonte en effet, & même un peu plus haut, non pas que la boule soit devenue plus petite qu'elle n'étoit avant son immersion, mais parce que l'eau qu'elle contient a reçu un peu de chaleur du verre, & que cette eau étant elle-même susceptible de dilatation, comme je le prouverai, son volume en est un peu augmenté.

Cette ascension de la liqueur dans le tube, au-dessus de la marque, donne un nouveau degré de force à la preuve que je tire de la dépression qui a précédé; car puisque la chaleur, bien loin de diminuer le volume de l'eau qui est dans la boule (si quel-

344 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV.

LEÇON.

qu'un vouloit le croire) est capable au contraire de la dilater & de l'étendre, il n'est pas possible d'attribuer à une autre cause que l'agrandissement du verre, cet abaissement de la liqueur qu'on apperçoit d'abord dans le tube.

Après que le verre est refroidi, s'il est replongé une seconde ou une troisième fois dans l'eau chaude, il s'y dilate de nouveau, & l'on voit recommencer tout ce qui dépend de cette dilatation ; nouvel agrandissement de la boule, nouvel abaissement de la liqueur dans le tube.

Mais comme les immersions multipliées donnent lieu à la chaleur de se communiquer assez sensiblement à l'eau colorée de la boule, cette liqueur raréfiée elle-même, augmente un peu de volume, & ne laisse pas dans le verre qui s'agrandit, autant de vuide qu'elle en laisseroit, si elle restoit froide ; d'où il arrive que la boule se remplit d'autant moins aux dépens de la liqueur qui est dans le tube ; la même chose arrive, & par les mêmes raisons, si la boule, au lieu d'être plongée un grand nombre

de fois de suite, l'est seulement une fois ou deux pendant un certain espace de temps.

APPLICATIONS.

LORSQUE je plonge dans l'eau chaude, l'instrument dont je viens de parler, la plupart des personnes qui me voyent faire cette expérience, s'imaginent toujours que la boule va être brisée par l'action subite du feu qu'elle éprouve: elle le seroit en effet, si le verre n'étoit pas fort mince, ou si la chaleur ne l'attaquoit que par un endroit seulement; car les parties ignées qui font effort pour le pénétrer, dilatant fortement sa surface extérieure, avant que celle du dedans pût être étendue proportionnellement, ne manqueroit pas d'occasionner une solution de continuité. C'est ce qu'on voit arriver tous les jours aux caraffes ou autres vaisseaux de verre épais, qu'on expose brusquement à un grand feu, ou aux gobelets & aux pots de crystal ou de fayance, qu'on emplit sans précaution d'une liqueur très-chaude.

Mais si tous ces vaisseaux sont bien

346 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. minces, & que le degré de chaleur
LEÇON. auquel on les expose, se partage également, & en même-temps à toute leur surface, il arrive rarement qu'ils se cassent, parce que toutes les parties se prêtent comme de concert à l'action du feu, & qu'en s'écartant un peu les unes des autres, pour donner passage à cet élément, elles conservent entr'elles le même ordre qu'elles ont coutume d'avoir.

Ce n'est pas qu'on ne puisse bien aussi donner un grand degré de chaleur à un vase de verre épais sans le casser; ces mêmes caraffes qu'on voit se fendre au feu, quand on les en approche sans précaution, on peut les y tenir, lorsqu'elles sont mieux ménagées, jusqu'à faire bouillir l'eau qu'elles contiennent; il ne s'agit que de les chauffer par degré & lentement, afin que la matière du feu les puisse pénétrer peu à peu, & en dilater les pores sans interrompre entièrement l'union des parties. C'est ainsi qu'on préserve de fracture le gobelet ou la tasse qu'on veut remplir d'une liqueur bouillante, en l'échaudant d'abord par la vapeur, ou par quelques gouttes

de cette liqueur qu'on y fait couler & qu'on remue.

XIV.
LEÇON.

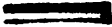
Au reste , si ces vaisseaux fragiles dans lesquels on peut impunément faire bouillir de l'eau avec la précaution dont je viens de parler , ne sont pas toujours pleins , on court grand risque de les voir se fendre quand on viendra à les remuer ; & en voici la raison. La partie vuide s'échauffe beaucoup plus que celle qui est pleine , si l'eau en balançant vient à la toucher ; cette eau , fût-elle bouillante , elle refroidira promptement l'endroit du verre qui en sera mouillé ; & alors la surface intérieure , dont les parties se condensent & se rapprochent , n'étant plus étendue d'une manière proportionnée aux autres couches qui forment l'épaisseur du verre , il arrivera entre elles quelque désordre qui se manifestera par une ou plusieurs fêlures.

Un émailleur peu expérimenté qui chauffe un tube de verre fort épais au feu de sa lampe , est tout étonné de le voir se briser avec éclat , dès qu'il a reçu un certain degré de chaleur ; il doit s'en prendre à l'une des

348 LEÇONS DE PHYSIQUE

deux causes dont je viens de parler ;
XIV. ou il a chauffé brusquement un verre
Leçon. épais qu'il devoit ménager davantage ;
ou ce verre creux contenoit un air
humide qui n'a point permis à la sur-
face intérieure de recevoir une cha-
leur égale à celle qu'on lui donnoit
par dehors. Il suffit d'apprendre à cet
Artiste qu'un tuyau de verre qui est
humide pardedans , soit pour avoir
été mouillé, soit pour avoir seule-
ment servi de canal pendant un cer-
tain temps à l'air de l'Atmosphère, ne
se seche que très-difficilement ; car
d'ailleurs il n'ignore pas que la plus
petite goutte d'eau fait casser le verre
ou l'émail qui est chaud : sa pince
légèrement humectée de salive lui
sert tous les jours à couper , ou à
détacher les pieces qu'il vient de
travailler.

C'est peut-être de-là qu'est venue
cette maniere de couper le verre avec
le feu & l'eau , que des gens oisifs &
adroits savent si bien ménager , qu'ils
viennent à bout de faire d'un verre à
boire une espee de ruban tourné en
forme d'hélice, dont les circonvolu-
tions se séparent & se rejoignent à

l'aide du ressort de la matiere : voyez  la Fig. 2. Ces découpages se font par le moyen d'une meche soufrée qui ne chauffe le verre que dans une ligne ou dans un espace fort étroit, que l'on refroidit aussi-tôt avec une plume ou un petit bâton mouillé ; & même quand la premiere fêlure paroît, ceux qui ont un peu d'habitude la conduisent presque toujours où ils veulent avec un fer chaud, ou avec un petit charbon allumé. Pour moi, quand j'ai de gros tuyaux ou des cols de ballons à couper, je commence par entamer le verre avec l'angle ou le tranchant d'une lime, & ensuite avec un morceau de fer anguleux que je fais rougir, & que j'y applique, je réussis assez bien à faire fendre la piece, suivant la ligne que j'ai tracée.

XIV.

LEÇON,

La vaisselle de fayance ou celle de terre vernissée se fend aussi au grand feu, quand on l'y expose précipitamment, non pas tant par elle-même peut-être, que par la couche d'émail ou de matiere vitrifiée, dont elle est couverte & colorée ; car si cet enduit est d'une certaine épaisseur, l'action d'un feu trop violent le fait fendre,

XIV.
LEÇON. & les parties en se quittant peuvent déterminer celles de la terre cuite, auxquelles elles sont unies, à se séparer de même. Ce qui me feroit penser ainsi, c'est que la fayance qu'on fait pour aller au feu, est couverte plus légèrement que d'autre, & qu'elle n'est bien à l'épreuve d'une grande chaleur que quand son enduit est entr'ouvert par une infinité de petites fêlures, qui donnent lieu aux parties ignées de se partager & de pénétrer la terre par un plus grand nombre d'endroits. Je sais bien aussi que la terre même en est préparée autrement que celle de la fayance commune, qu'elle est plus légère, plus poreuse, & mieux maniée : ce que je remarque à l'égard de l'émail qui la recouvre, je ne prétends le citer que comme une cause seconde ou subalterne de la qualité qu'elle a de résister au feu.

De toutes les matieres fragiles dont on fait les vaisseaux, il n'en est pas qui soutiennent mieux l'action subite du feu que la porcelaine ; rien ne le prouve mieux que l'usage des tasses dans lesquelles nous voyons tous les jours verser du thé, ou du café pres-

que bouillant. Si la porcelaine étoit aussi commune que le verre, il seroit très-commode de pouvoir la lui préférer dans bien des occasions, surtout dans les laboratoires de Chymie, où les matieres que l'on traite sont souvent de nature à ne pouvoir pas être mises dans du métal, & quelquefois encore moins propres à être chauffées dans la terre cuite, trop poreuse ou incapable de soutenir un grand degré de feu. Un Artiste intelligent qui sentira ce besoin, pourra se procurer des vaisseaux de porcelaine, sans qu'il lui en coûte presque autre chose que le verre même dont il appréhende de se servir. En profitant d'une découverte que nous devons à M. de Réaumur*, il n'aura qu'à remplir de plâtre passé au tamis le vaisseau qu'il aura dessein de convertir en porcelaine, & le porter au four d'un potier de terre, il l'en retirera tel qu'il le desire, c'est-à-dire, tout semblable à la vraie porcelaine, à demi-transparent comme elle, capable d'être chauffé brusquement & de soutenir un très-grand feu sans se casser (a).

XIV.
LIÇON,

* Mém. de
l'Acad. des
Scienc. 1739,
pag. 370.

(a) Si quelqu'un veut faire usage de ce

XIV. A l'égard du changement de capacité qui arrive aux vaisseaux que l'on chauffe, soit extérieurement, soit intérieurement; il faut remarquer que la dilatation de la matiere, qui en est la cause, pourroit se faire de façon qu'elle eût un effet tout contraire à celui de notre expérience. Si la boule que j'ai plongée, par exemple, au lieu d'être régulièrement ronde, avoit des enfoncements semblables à celui qu'on fait communément au cul des bouteilles à vin; ces parties enfoncées en se dilatant, porteroient leur augmentation de volume contre la liqueur contenue dans le vaisseau, & ne manqueroient pas de la faire monter vers l'orifice, à moins que l'agrandissement des autres parties qui se fait en sens contraire, ne rendit cet

que j'indique ici, il conviendrait qu'il consulte le Mémoire même de M. de Réaumur, pour se mettre au fait de certaines pratiques dont le détail ne peut être placé ici. Il y en a deux sur-tout qu'il ne faut pas négliger; la première est le choix du verre: le plus commun, celui qui est brun ou jaunâtre, réussit mieux que le plus blanc. La seconde est de mêler du sablon avec le plâtre, à peu près à quantités égales pour le raréfier,

effet

effet insensible, ou par excès, ou par compensation.

XIV.

LEÇON.

On sera pleinement convaincu de la justesse de cette remarque, si l'on remplit d'eau une bouteille mince, qui ait le cul bien renfoncé, & dont on ait prolongé le col avec un petit tuyau recourbé & mastiqué avec de la cire molle, ou autrement, *Fig. 3.* Car si l'on verse de l'eau presque bouillante en C, on verra la liqueur monter dans le tube avec autant de promptitude qu'on l'a vu descendre, lorsque j'ai plongé dans l'eau chaude, la boule de l'instrument représenté par la *Fig. 1.* & si l'on s'imaginait que cet effet vient de ce que l'eau de la bouteille s'est raréfiée par le degré de chaleur qu'elle a pu recevoir, il suffira de renverser l'eau qui est en C, pour voir que ce soupçon porte à faux; car dans l'instant même, on verra la liqueur descendre dans le tube, à peu près à l'endroit d'où elle étoit partie pour s'élever: un effet aussi prompt ne peut légitimement s'attribuer au refroidissement de l'eau qui est dans la bouteille.

LA Fig. 4. représente un instrument qui se nomme *pyrometre*, parce qu'on s'en sert pour mesurer en quelque façon l'action du feu. Il est composé premièrement d'une lampe à l'esprit-de-vin *D d*, garnie de plusieurs petites meches de coton, semblables entr'elles pour la grosseur & pour la longueur. Secondement, de plusieurs leviers renfermés dans une boîte cylindrique de verre *EF*, & qui se correspondent, de maniere que recevant le mouvement de la piece *G*, ils le transmettent par le moyen d'une portion de roue dentée ou *rateau*, & par un pignon, à une aiguille *Hh*, qui parcourt horizontalement un cercle divisé en deux cents parties égales. Les bras de ces mêmes leviers & le rayon du rateau avec le pignon qu'il mene, sont tellement proportionnés, que la piece *G*, avançant d'un quart de ligne fait faire à l'aiguille un tour entier; & comme la circonférence du cercle qu'elle parcourt a deux cents

degrés dont chacun est assez grand pour être divisé en deux par le coup d'œil d'un observateur un peu attentif; il est évident que la piece *G*, ne peut s'avancer de la seize centième partie d'une ligne, qu'on ne s'en aperçoive par le mouvement de l'aiguille.

XIV.
LEÇON.

Un tiroir pratiqué dans le pied de cet instrument, contient des cylindres de différents métaux, tous égaux en longueurs, & dont on a rendu la grosseur égale en les faisant passer par la même filiere (*a*): chacun est terminé d'un côté par une vis qui s'ajuste à la piece *G*, tandis que l'autre bout est arrêté & soutenu par le pilier *I*, comme on le peut voir par la *Fig. 4*.

On place ainsi successivement le cylindre de fer, & celui de cuivre jaune; on allume toutes les meches à la fois (*b*), & l'on compte par le moyen d'une montre ou d'une pendule à se-

(*a*) Les cylindres dont je me sers ont tous exactement la même longueur, qui est d'environ six pouces, & le même diamètre qui est de trois lignes.

(*b*) Avec un petit morceau de papier allumé qu'on passe très-rapidement, toutes les meches

356 LEÇONS DE PHYSIQUE

condes, combien l'aiguille parcourt
XIV. de degrés dans un temps donné.

LEÇON.

E F F E T S.

Dans l'instant même que la flamme des meches commence à agir sur le métal, on voit l'aiguille se mettre en mouvement, & parcourir les degrés avec une telle vitesse que dans l'espace d'une demi-minute, on en compte environ 588, si l'on fait l'expérience avec le cylindre de fer, & 960, si c'est avec celui de cuivre jaune : ce qui est à peu près dans le rapport de 3 à 5. (a).

Si l'on éteint les meches de la lampe déjà humectées d'esprit-de-vin, s'allument en moins d'une seconde.

(a) Je m'exprime ici en nombre rond, & je ne prétends point fixer avec précision les dilatations respectives des métaux ; cela dépend d'une suite très-nombreuse d'expériences délicates, qui ne peuvent entrer dans un Ouvrage élémentaire, tel que celui-ci. Le Lecteur curieux de s'instruire sur ce sujet d'une manière plus étendue & plus approfondie, pourra consulter les Commentaires de M. Muschenbroek sur les Expériences de l'Académie del-Cimento, Tome 2, pag. 12. & seq. il y trouvera un long & curieux détail d'épreuves faites avec le *pyrometre*, dont ce Savant est le premier Auteur.

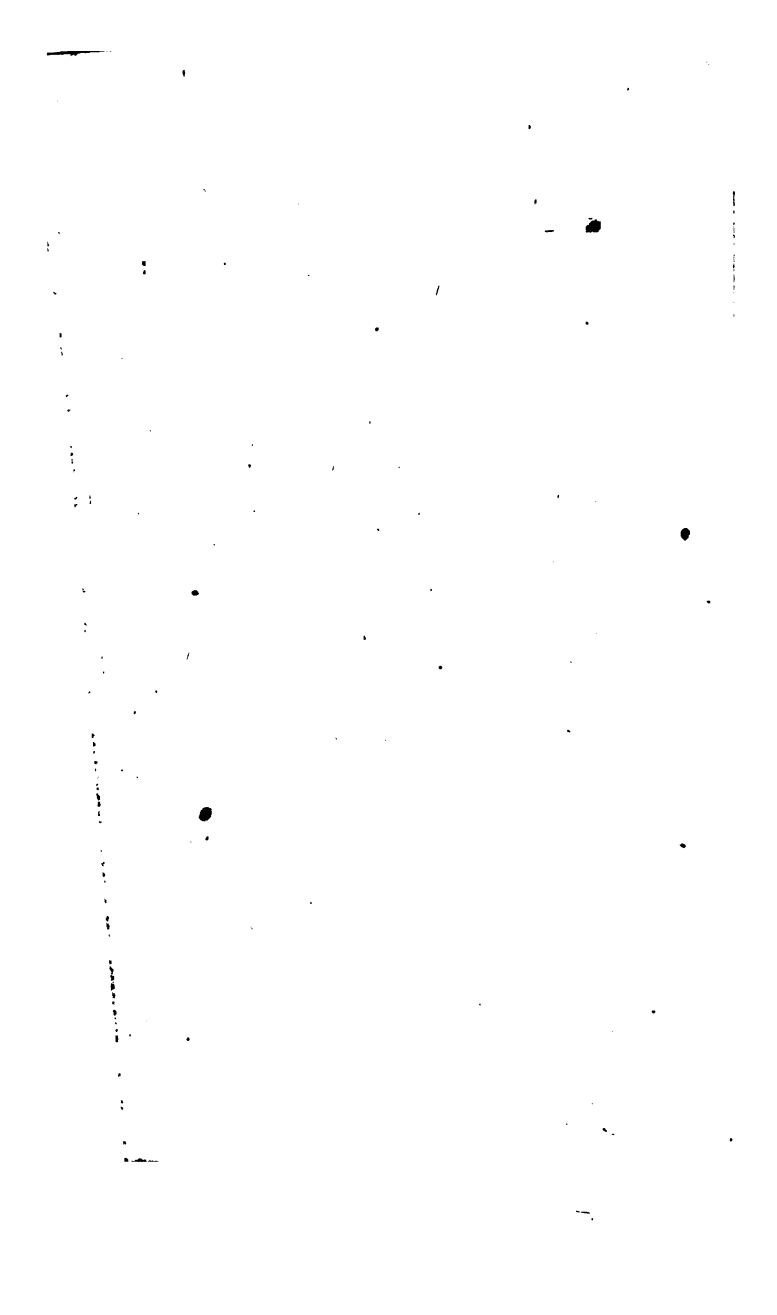
Fig.

Fig. 3.

Fig. 1.

F Fig. 4.





pe, aussi-tôt on voit rétrograder l'aiguille, & parcourir en sens contraire tout le chemin qu'elle avoit fait précédemment : cette rétrogradation se fait d'abord avec assez de vitesse, mais ensuite elle se rallentit & devient si peu sensible sur la fin, qu'elle ne s'acheve qu'au bout d'un temps assez considérable, & plus ou moins long ; suivant la température du lieu où se fait l'expérience.

XIV.
LIÇON.

EXPLICATIONS.

Les métaux, même les plus compacts & les plus durs, sont poreux ; leur porosité est telle que certaines liqueurs les pénètrent & les dissolvent. Le feu qui coule des meches allumées est un fluide plus subtil & plus pénétrant que toutes les liqueurs que l'on connoisse : il s'infine donc dans les cylindres de fer & de cuivre de notre expérience, & met en action les parties du feu qui sont logées naturellement entre les parties propres du métal ; & par ces deux causes, je veux dire par l'introduction d'un feu étranger, & par l'expansion de celui qui appartient au métal, les cylindres

358 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. dont il est question doivent se dilater & s'étendre dans toutes leurs dimensions.

Leçon.

Mais comme il y a plus de parties dilatées sur la longueur que sur le diamètre , l'allongement doit se faire mieux sentir que l'augmentation de grosseur : c'est pourquoi l'on attache d'une manière fixe le cylindre par une de ses extrémités en *D* , afin que toute la quantité dont il s'allonge se porte contre la pièce *G* , à laquelle il est joint par l'autre bout ; ainsi les deux mouvements en avant & en arrière de la pièce *G* , sont des effets nécessaires , & des preuves incontestables de l'allongement du cylindre chauffé , & du raccourcissement qu'il souffre en se refroidissant.

Si tous les métaux ne se dilatent pas également au même degré de feu , & dans le même espace de temps ; il en faut chercher la cause dans leurs différentes densités , dans la liaison & la tenacité plus ou moins grande de leurs parties , dans la dose plus ou moins forte des parties inflammables que la Nature a mêlées avec leurs autres principes , dans la différente distribution

de leurs pores, &c. toutes recherches ~~extrêmement délicates & compliquées~~ **XIV.**
que l'on n'a pas encore beaucoup ap- **LEÇON.**
profondies.

Dès que les meches de la lampe sont éteintes , le feu qui est entré dans le métal s'évapore au-dehors , & l'action de celui qui reste n'étant plus entretenue , se rallentit peu à peu ; ce qui donne lieu aux parties du métal de se rapprocher , & au cylindre qui se refroidit , de reprendre sa premiere grandeur.

Cela se fait d'abord assez promptement ; parce que le métal encore dilaté , laisse échapper plus librement les parties surabondantes de feu dont il est pénétré , & que l'air environnant , considérablement moins chaud que lui , les reçoit & les absorbe , pour ainsi dire , avec avidité ; & ensuite , parce que ces raisons ne subsistent plus , les derniers degrés de refroidissement & de condensation , ne s'achevent qu'avec beaucoup de lenteur.

APPLICATIONS.

CE que nous voyons se faire ici par

360 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. le feu d'une lampe appliqué à des
LEÇON. petits cylindres de fer & de cuivre ,
 arrive de même , proportion gardée ,
 à tous les métaux qui s'échauffent , de
 quelque maniere que ce soit. La lame
 d'une scie qui n'a point assez de *voie* ,
 (a) s'épaissit dans les corps durs par la
 chaleur que lui donne le frottement ,
 & fatigue beaucoup la personne qui
 s'en sert. Il en est de même des forets ,
 des villebrequins & autres outils , qui
 s'échauffent en travaillant , & qui se
 trouvent engagés dans des matieres
 qui ont peine à céder à l'augmenta-
 tion de leur volume , ou qui se gon-
 flent aussi par la même cause.

Tout métal exposé à l'ardeur du
 Soleil , doit donc s'étendre , & nous
 avons une preuve bien sensible de cet
 effet à la machine de Marly , où le
 mouvement des pompes qui sont éta-
 blies sur la montagne , vient de la
 riviere , & se communique par des bar-
 res de fer assemblées à fourchettes , &

(a) On donne de la *voie* à une scie , en écar-
 tant un peu les dents de part & d'autre , du plan
 de la lame ; ou bien on prépare cette lame de
 façon qu'elle soit plus épaisse du côté de la den-
 ture , que dans le reste de sa largeur.

soutenues

soutenues d'espace en espace par des leviers qui sont mobiles sur une de leurs extrémités; toutes ces barres, depuis le plus grand froid de l'Hiver, jusqu'au plus grand chaud de l'Eté, varient tellement de longueur, qu'on a été obligé de faire plusieurs trous aux endroits de leurs jonctions, pour être en état d'allonger, ou d'accourcir la chaîne qu'elles forment par leur assemblage, en faisant entrer plus ou moins le bout d'une barre dans la fourchette de l'autre, où elle s'arrête avec une cheville. Quand une barre de fer de six pieds ne s'allongeroit que de deux tiers de ligne du grand froid au grand chaud; sur cent toises, ce seroit cinq pouces & demi d'allongement * & en voilà assez pour faire sentir combien le jeu des pistons seroit dérangé, si cette longue chaîne qui leur communique le mouvement, souffroit, sans correction, les changements que les différentes températures y peuvent causer.

Les horloges de clocher, & généralement toutes les machines, qui ne sont point, ou qui ne sont qu'imparfaitement à couvert de la grande ardeur

du Soleil, doivent nécessairement s'en
XIV. ressentir par rapport à la liberté de
LEÇON. leurs mouvements; les tiges s'allongent & font porter les épaulements; les pivots grossissent & sont plus serrés dans leurs trous, les diamètres des roues croissent & les dents prennent plus d'engrenage. Il est vrai que le bâti ou la cage qui renferme & qui soutient toutes ces pièces, s'agrandit aussi dans toutes les dimensions; mais s'il peut en naître quelques compensations qui conservent les rapports entre certaines parties, il est possible aussi que ces effets aillent à contre-sens pour d'autres qui en sont considérablement dérangées. Qui sait même si la chaleur du gousset n'est pas capable de changer quelque chose à la marche d'une bonne montre, par le seul changement qu'elle peut causer aux dimensions des pièces dont la justesse est si précise.

Ce que je dis par forme de soupçon à l'égard d'une montre, je le puis assurer très-positivement pour les pendules ou horloges, dont la marche est réglée par les oscillations d'un corps grave suspendu par une verge de métal.

tal. En parlant de cette espece de mouvement, & de l'application qui en a été faite par M. Huyghens *, j'ai remarqué, qu'après avoir trouvé le moyen de rendre la durée des oscillations uniforme & constante par la nature de la courbe qu'elles décrivent, on avoit encore à craindre que cet isochronisme ne fût troublé par les changements que le chaud & le froid pourroient causer à la longueur de la verge du pendule. En effet cette verge étant de métal, & par conséquent susceptible de condensation & de dilatation, comme l'expérience précédente le fait voir, on peut s'attendre que dans les temps ou dans les lieux chauds elle s'allongera, & qu'au contraire elle diminuera sa longueur, lorsqu'elle viendra à se refroidir (a).

On a pensé qu'on pourroit remédier à cet inconvénient, en opposant à elle-même la cause physique d'où il procede; c'est-à-dire, en faisant en sorte que la même chaleur qui fait allonger la verge du pendule fût aussi

(a) Il faut voir à l'endroit cité ci-dessus, comment la longueur du pendule influe sur la durée de ses oscillations.

XIV.

LEÇON.

* Tome II.

pag. 207. & seq.

364 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. remonter d'autant le centre du corps
LEÇON. grave, ou descendre sur la même verge
le point fixe autour duquel se font les
oscillations.

M. Graham (a) me paroît être le premier à qui cette idée se soit offerte, & qui ait commencé à la mettre en exécution. Au lieu d'attacher au bout de la verge une boule ou une lentille solide, comme on a coutume de faire, il y mit pour corps grave une boîte ou vase cylindrique qu'il remplit presque entièrement de mercure: & voici quel étoit son raisonnement. * « Si d'un » ne faisons à l'autre, dit-il, la tempéra- » ture varie assez pour faire changer » sensiblement la longueur de la verge » du pendule, la même cause ne peut » manquer d'augmenter ou de dimi- » nuer la hauteur du cylindre de mer- » cure, en le dilatant ou en le conden- » sant; elle fera donc monter ou des- » cendre le centre d'oscillation qui est » nécessairement dans cette masse flui- » de ». En supposant, par exemple, que la verge allongée par la chaleur, fasse reculer le point B du point A,

* *Transac-*
tions Philo-
sophiques,
1726. N^o.
32. art. 4.

(a) Célèbre Horloger de Londres, & Mem-
bre de la Société Royale.

EXPÉRIMENTALE. 365

Fig. 5, d'un quart de ligne, si le mercure échauffé au même degré, se dilate de manière que le point *B*, centre de gravité, ou plutôt d'oscillation, remonte précisément d'un quart de ligne, ces deux effets entretiendront toujours la même distance entre *A*, centre du mouvement, & *B*, centre d'oscillation; ce qui suffit pour conserver l'isochronisme du mouvement. Il ne s'agit donc plus que de mettre en proportion convenable ces deux effets qui vont en sens contraire, & cela dépend de la hauteur qu'on donnera au cylindre de mercure; car plus il sera long, plus son centre de gravité, ou tout autre point pris dans la masse, fera de chemin, soit en montant, s'il y a raréfaction, soit en descendant, s'il y a condensation.

Depuis cette invention proposée par M. Graham, d'autres personnes ont imaginé & mis en pratique des moyens encore plus commodes pour arriver aux mêmes fins que cet habile & savant Artiste avoit en vue, je veux dire, pour faire en sorte que ce qui fait changer la longueur de la verge du pendule, fût en même-temps &

366 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. proportionnellement varier en sens contraire la hauteur du corps grave, dans lequel se trouve le centre d'oscillation. En 1738, M. Julien le Roi, à Paris, & M. Ellicot, à Londres, profitant du résultat de notre expérience, par laquelle on savoit déjà que le fer & le cuivre jaune échauffés au même degré, se dilatent dans des proportions qui sont entr'elles, à peu près comme 11 à 17, employèrent fort ingénieusement, quoique par différens procédés, l'excès de l'allongement du laiton, pour remédier à celui du fer, dont on fait communément (a) la verge du pendule.

Le premier termine la verge de son pendule qui est de fer, par un petit chassis *AB*, *fig. 6*, composé par en haut & par en bas, de deux traverses de cuivre inflexibles, & pour les montants, de deux lames de ressort, très-minces; ces deux lames entrent, & n'ont que le jeu qu'il leur faut, pour monter & descendre, en glissant dans une pièce fendue *CD*, qui est bien

(a) Si on ne le fait pas, on doit le faire, plutôt que d'employer de l'acier, qui se dilate davantage.

solide, & fixée au corps de l'horloge. XIV.
Le tout est suspendu par une verge de LIÇON.
fer *ef*, attachée à la partie supérieure
d'un tuyau de laiton, qui est représenté
ouvert en partie, & qui repose sur
la pièce *CD*.

Lorsque la chaleur dilate les deux
verges de fer *fe*, *bg*, qu'on doit con-
siderer comme n'en faisant qu'une,
parce qu'elles sont jointes par le chas-
sis *A*, *B*, elle tend à faire descendre la
lentille, & à l'éloigner de la pièce *C*
D, où est le centre du mouvement,
ce qui rendroit le pendule plus long
qu'il n'est; mais cette même chaleur
agit sur le tuyau de cuivre, au bout
duquel est le point de suspension; &
comme son allongement se fait de bas
en haut, il tend à faire remonter la
lentille; si la longueur de ce tuyau est
à celle qui est comprise entre *fg*,
comme la dilatation du fer est à celle
du cuivre, c'est-à-dire, dans le rap-
port de 11 à 17, son allongement
de bas en haut, doit égaler celui des
deux verges de fer qui se fait de haut
en bas, & par cette compensation la
distance est toujours la même entre le
centre d'oscillation *g* & celui du
mouvement *D*. Hh iv

368 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. M. Ellicot fait la verge de son pendule d'une piece de fer plate & ouverte en forme de fourchette depuis la moitié ou les deux tiers de sa longueur jusqu'en bas, *fig. 7.* Il remplit le vuide que forme cette fourchette, par une lame de laiton *ik*, qui, lorsqu'elle vient à s'allonger par la chaleur, doit excéder de $\frac{2}{7}$ ou à peu près l'allongement que la même chaleur fait prendre aux deux parties de la fourchette entre lesquelles elle est placée. Il emploie cet excès pour faire mouvoir deux petits leviers *lm*, *ln*, qui ont leur centre de mouvement en *o* & en *p*, & par ce moyen les deux bras *m*, *n*, soulèvent deux chevilles ou deux vis *q*, *r*, par lesquelles ils portent le corps grave, qui est ici une boule représentée par sa coupe diamétrale; ainsi le centre d'oscillation tend à remonter par la même cause qui feroit allonger la verge; & comme les vis *q*, *r*, peuvent avancer plus ou moins sur les bras des leviers *m*, *n*, on peut proportionner à son gré ces deux effets entr'eux.

Si j'écrivois un traité d'Horlogerie, je ne manquerois pas de faire connoître dans un plus grand détail, ce que

plusieurs Artistes, & même ce que ~~des Savants~~ des Savants ont encore imaginé pour remédier à l'allongement du fer par celui du cuivre, dans la vue de rendre constante la longueur du pendule; j'examinerois même le fort & le foible de ces inventions, & je prendrois la liberté d'en dire mon sentiment; mais on ne doit trouver ici que ce qui a un rapport direct & prochain avec l'expérience que j'ai employée, pour prouver que le chaud & le froid font varier sensiblement le volume d'une piece de métal: & afin qu'on ne croye pas que ces derniers exemples, que je viens de citer, sont des inventions plus curieuses qu'utiles, je remarquerai d'après nos meilleurs Astronomes, qu'avec le nouveau pendule (c'est-à-dire, celui dont la longueur est constante) il est assez commun qu'une horloge d'observation, ne varie que de deux secondes du plus grand froid au plus grand chaud; au lieu qu'il est rare de trouver moins de 20 secondes de différence, avec un pareil instrument, réglé par un pendule ordinaire.

Si la mesure du temps perd de son exactitude par l'allongement ou le rac-

XIV.

LIXON

170 LEÇONS DE PHYSIQUE

LEÇON. On a vu comment du pendule, celle de
 X V. L'air ne pourroit bien aussi se res-
 sentir des variations causées par le
 froid & par le chaud, au pied, à la
 toise, à l'aune, & autres instruments
 dont on se sert pour la connoître.
 Heureusement que les erreurs qui peu-
 vent naître de cette cause, ne tirent
 guere à conséquence, pour ce qui
 concerne le commerce ordinaire; mais
 il est bon d'en être averti pour cer-
 taines occasions où l'on a besoin d'une
 grande exactitude. Si quelqu'un, par
 exemple, vouloit comparer la toise
 ou l'aune d'un pays à celle d'un autre,
 le choix du métal, & la température
 du lieu où se feroit cette comparai-
 son, seroient des circonstances qu'on
 ne devoit pas négliger. Une règle de
 cuivre avec laquelle on mesurerait
 seulement une demi-lieue de terrain
 en longueur, pourroit tellement va-
 rier par le chaud & par le froid, que
 quand ce terrain seroit aussi uni qu'un
 canal glacé, l'Arpenteur le plus exact
 y trouveroit une différence de 6 à 7
 pieds de l'Hiver à l'Été; ce qui ne se-
 roit pas aussi considérable, si au lieu
 d'une règle de cuivre, il en employoit
 une de fer ou de bois.

Tous les métaux n'étant pas capables de se dilater, ni de se condenser également, par les mêmes degrés de chaud & de froid, on ne doit les employer qu'avec beaucoup de circonspection en construisant les machines, ou les instruments dans lesquels il est important que les dimensions ne changent point de rapport; si l'on vouloit, par exemple, qu'un angle formé par deux verges de fer *EF*, *EG*, *fig. 8.* demeurât constamment le même dans toutes sortes de températures, il faudroit bien se garder de les joindre par une troisième pièce *GH*, qui fût de cuivre; car comme ce dernier métal s'allonge par la chaleur beaucoup plus que l'autre, lorsqu'il viendrait à s'échauffer, il ne manqueroit pas de faire changer notablement l'ouverture de l'angle dont il s'agit. Il est aisé de faire l'application de ceci aux instruments de Mathématiques & d'Astronomie, dont toute la justesse dépend du rapport invariable des dimensions, & dans la plupart desquels cependant on emploie ensemble le fer & le cuivre, pour les faire passer ensuite de l'atelier où ils ont été construits, dans des

372 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. lieux découverts, où ils éprouvent la gelée & l'ardeur du Soleil. Si l'on n'a point égard à ce qui en peut arriver, on court risque de voir les angles changer de grandeur, les surfaces plates & les lignes droites devenir courbes, &c.

Une corde de clavecin qui s'allonge par la chaleur, devient nécessairement moins tendue qu'elle n'étoit, si les points fixes auxquels elle tient, ne s'éloignent pas l'un de l'autre, par proportion à cet allongement. Nous avons vu dans la onzième Leçon *, qu'une corde sonore, toutes choses égales d'ailleurs, est d'un ton plus ou moins aigu, selon le degré de tension qu'elle a; ainsi comme celles d'un clavecin, partie de fer, partie de cuivre, s'allongent différemment entr'elles dans le même degré de chaleur, & toutes davantage que le bois dont le corps de l'instrument est construit, & sur lequel sont attachées les chevilles, & chevalets, on voit par quelles raisons les accords se dérangent, quand la température du lieu varie d'une certaine quantité. Qui sait même si une oreille fine & bien expérimentée ne sen-

*Tom. 3.
p. 462. &
seq.*

EXPÉRIMENTALE. 373

tiroit point quelque changement dans le ton d'une cloche, ou de tout autre corps sonore, que l'on essaieroit froid & chaud, & dont on feroit la comparaison avec une autre, à l'unisson duquel on l'auroit mis précédemment.

XIV.
LEÇON.

J'ai dit ci-dessus que le bois échauffé & refroidi n'est pas aussi susceptible de changement sur la longueur de ses fibres, que le métal; c'est un fait constant par l'expérience, & sur la foi duquel plusieurs Horlogers ont fait de bois la verge du pendule, au lieu d'avoir recours aux moyens dont j'ai fait mention. Si le succès n'a pas été assez complet pour rendre ses variations nulles, elles ont été moindres que celles du pendule ordinaire; ce qui suffit pour justifier ma remarque.

Mais quoique le bois, & quantité d'autres matières se raccourcissent & s'allongent moins que le métal, par le froid & par le chaud, il paroît en général & par un grand nombre d'épreuves faites en différents temps & par diverses personnes, que tous les corps solides, le marbre, la pierre, la terre cuite, le verre, le métal, le bois, l'écorce des végétaux, les os, le cuir,

374 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV.

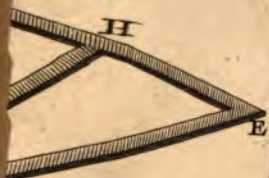
LEÇON.

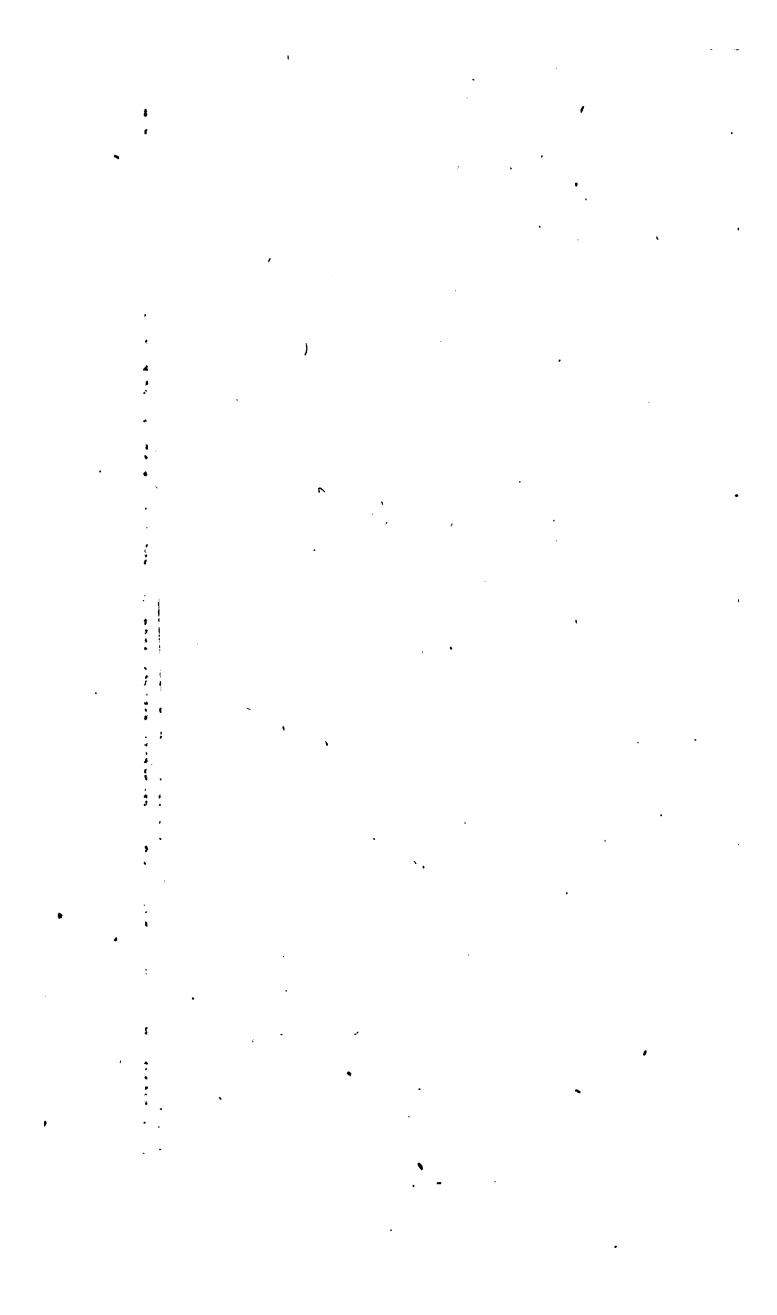
& la corne des animaux, &c. se dilatent par l'action du feu, & se condensent en se refroidissant : & comme tous les ouvrages de l'art ne sont que des assemblages & des modifications de ces différentes matieres , qui sont tantôt plus , tantôt moins exposées à la chaleur , suivant les saisons de l'année , les heures du jour , ou les usages que nous en faisons , on peut dire que rien ne demeure constamment dans le même état , & que tout ce que nous voyons , bijoux , instruments , meubles , édifices , devient alternativement plus grand , & plus petit.

On objectera peut-être contre cette propriété que j'attribue au feu de dilater généralement tous les corps & d'en étendre le volume , l'exemple des pierres que l'on calcine , des bois que l'on fait sécher au four , ou aux rayons du Soleil , & de plusieurs autres matieres dont l'action du feu diminue sensiblement la grandeur.

Mais j'ai déjà prévenu cette difficulté , en faisant remarquer * que dans tous les cas dont il s'agit , il y a une évaporation , une dissipation de substance , qui donnent lieu aux parties de ce qui

* 13. Leçon.
par. P. 741.





reste, de se rapprocher sous un moindre volume, quoique ces mêmes parties soient véritablement tuméfiées; XIV.
LIXON.
c'est ce dont on peut aisément se convaincre, en pesant devant & après, tous les corps dont on voudroit nous citer l'exemple. Un morceau de chaux vive pèse moins que la pierre dont elle est faite; il en est de même des ouvrages de bois qui ont passé au four ou à l'étuve, des viandes ou des fruits que l'on a fait cuire, des pâtes & des compositions qu'on a fait épaisser par un certain degré de chaleur.

III. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

L'instrument représenté par *AB*, *Fig. 9.* est composé d'un verre de thermometre, dont la boule a près d'un pouce, & le tube une demi-ligne de diametre, dans toute sa longueur, qui est d'un pied; une portion d'environ 9 pouces de ce tube tient à une petite planche fort légère, sur laquelle est tracée une échelle, dont chaque degré exprime la millieme partie de toute la liqueur contenue au-dessous de la

376. LEÇONS DE PHYSIQUE

planche, lorsque cette liqueur a reçu
XIV. le degré de froid de la glace.

Man. On emplit la boule & un peu plus que le quart du tuyau, de plusieurs liqueurs successivement; premièrement de mercure, d'esprit-de-vin ensuite, d'eau pure, & enfin d'huile de lin. On plonge la boule dans un vase *G* plein de gl. ce pilée bien menue, & on l'y laisse jusqu'à ce que la liqueur ait reçu tout le froid qu'elle y peut prendre, ce qu'on reconnoît aisément, parce qu'alors elle cesse de descendre dans le tube. Ensuite avec un chalumeau capillaire *D*, que l'on fait entrer dans le tube, on ôte, en fuyant avec la bouche, ce qu'il y a de liqueur au-dessous de la ligne *ef*, ou bien on en met jusqu'à cette marque, s'il n'y en a point assez.

La liqueur étant bien fixée à cet endroit, on ôte l'instrument de la glace, & l'on tient la boule plongée dans un autre vase *C* rempli d'eau bouillante, jusqu'à ce que la liqueur cesse de monter: on observe à quelle hauteur elle s'arrête, & combien de temps elle a mis, pour recevoir ce degré de chaleur (*a*).

(a) Quoique j'aie résolu de renvoyer à
E F F E T S.

Le mercure transporté de la glace dans l'eau bouillante, s'élève dans le

un autre Ouvrage qui suivra de près celui-ci, tout ce qui concerne la construction des instruments, & la préparation des matieres qui servent aux expériences que j'emploie dans mes Leçons; je ne puis m'empêcher d'indiquer ici un moyen dont on pourra s'aider, pour avoir un verre de thermometre, mesuré & gradué de la maniere que le requiert notre expérience, avec quelques autres instructions, sans lesquelles on auroit peine à la répéter.

Choisissez un tube de verre d'une longueur & d'un diametre convenable; & pour voir si sa capacité est bien égale par-tout, faites-y entrer un peu de mercure, qui en occupe environ un pouce que vous mesurerez avec une carré ou autrement: faites avancer ce petit cylindre de mercure d'un bout à l'autre du tuyau; s'il est par-tout de la même longueur, vous serez sûr que ce tuyau est du même diametre intérieurement dans toute son étendue, & vous y ferez souffler une boule par un Emailleur; le même ouvrier vous fera des chalumeaux capillaires & renflés par le milieu, en amolissant au feu de sa lampe un petit morceau de tube de verre, qu'il allongera de part & d'autre en tuyaux capillaires.

Pour avoir une échelle qui exprime les milliemes parties de la liqueur contenue dans la boule & dans le quart du tube, il faut d'abord peser le verre, & tenir compte de son poids, ensuite le remplir entièrement de mer-

378 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. tube jusqu'au quatorzième degré, ce
LEÇON. qui signifie que son volume est augmenté de $\frac{14}{1000}$; & cette dilatation s'a-

cure avec le chalumeau, & le faire bien chauffer, même jusqu'à bouillir, afin que toutes les petites particules d'air se dégagent & forment du vaisseau; cela se fera plus aisément, si l'on ne remplit d'abord que la boule.

Tout le verre étant bien plein & refroidi au degré de l'air de la chambre, on le pèsera exactement pour avoir le poids du mercure, en soustrayant celui du verre, dont on a précédemment reconnu la valeur.

Cela étant fait, on ôtera du tuyau une quantité de mercure qui soit la onzième partie de la totalité; & si la capacité de ce tuyau est en proportion convenable avec celle de la boule, les trois quarts, ou à peu près de sa longueur, fourniront cette onzième partie, qu'il faut ôter & reconnoître exactement par la balance.

Si ce qui est contenu dans les $\frac{3}{4}$ du tube environ, ne suffit pas pour faire la quantité qu'on demande, c'est une marque que la boule est trop grosse, & il faudroit en faire souffler une plus petite au bout du même tuyau; ou, pour s'en épargner la peine, il est plus convenable de calibrer d'abord plusieurs tuyaux & d'y faire souffler des boules un peu moins grosses les unes que les autres.

Si l'on a donc ôté du tuyau la onzième partie de tout ce qui étoit contenu dans le verre, on n'aura plus qu'à y joindre une échelle de sept parties égales, qui mesure toute la portion du tube qui est restée vuide, & alors chaque degré de l'échelle répondra à une partie

cheve en 15 secondes, ou dans un quart de minute. XIV.

L'eau commune à pareille épreuve L. 1. 0. 0. 0.

du tube, capable de recevoir la 1800e partie de ce qui reste au-dessous : & ce sera la même chose pour toutes les liqueurs qu'on voudra mettre dans ce même vaisseau.

Mais comme les degrés de l'échelle sont des millièmes de capacité, ou de volume, & qu'une liqueur tient moins de place quand elle est refroidie que quand elle est chaude, il faut avoir soin que la boule & la partie du tuyau comprise entr'elle & l'échelle, soient bien pleines, avant qu'on retire l'instrument de la glace, pour le plonger dans l'eau bouillante.

Quand on plonge la boule de cet instrument dans l'eau bouillante, il est bon de l'essayer par deux ou trois immersions subites, avant que de l'y laisser à demeure, de peur qu'une action trop brusque du feu ne fasse casser le verre.

Pour bien juger du temps qu'une liqueur met à monter à son plus haut degré, il est à propos d'avoir reconnu ce degré par une première épreuve; sans cela il se passera plusieurs secondes, avant qu'on puisse juger si l'effet est complet.

Enfin, si l'on se sert du même vaisseau pour différentes liqueurs, il ne faut pas commencer par celles qui sont grasses, & l'on doit avoir attention qu'il ne reste point de bulles d'air, dont la raréfaction ne manqueroit pas de jeter beaucoup d'erreur dans les résultats.

380 LEÇONS DE PHYSIQUE

se dilate de $\frac{37}{100}$, ou un peu plus, en
une minute & quelques secondes.

XIV.

LEÇON.

L'esprit-de-vin s'éleve de 87 degrés en une minute & 22 secondes.

L'huile de lin emploie au moins 3 minutes pour arriver au soixante-douzieme degré qui est le plus haut qu'elle puisse prendre, par la chaleur de l'eau bouillante.

Ainsi de ces quatre liqueurs éprouvées par la chaleur de l'eau bouillante, l'esprit-de-vin est la plus dilatable, si par *dilatabilité* on entend l'extensibilité de volume; & le mercure l'est encore davantage, en égard à sa sensibilité, c'est-à-dire, à la promptitude avec laquelle il reçoit le degré de chaleur qu'on lui communique.

EXPLICATION.

Par toutes ces épreuves on voit que les liquides comme les solides, s'échauffent, se dilatent, augmentent de volume; & que suivant leurs différentes natures, la dilatation est plus ou moins grande, plus ou moins prompte. La cause générale de cet effet est toujours l'action du feu qui pénètre la masse liquide, qui définit, & qui sou-

EXPÉRIMENTALE 381

leve les parties : mais la mesure de la dilatation , soit pour l'étendue qu'elle peut avoir , soit pour le temps dans lequel elle s'accomplit , dépend sans doute de plusieurs causes particulières , qu'il seroit difficile de bien démêler.

XIV.

LIÇON

Toutes choses égales d'ailleurs, il semble qu'une liqueur doit être d'autant plus susceptible des impressions du feu qui la pénètre, que ses parties sont plus mobiles entr'elles, & qu'il est plus facile de les désunir : c'est peut-être par cette raison que le mercure ne met que 15 secondes à recevoir toute la chaleur que l'eau bouillante est capable de lui communiquer. Mais si ce corps liquide renfermoit peu de feu dans ses parties, ou si ce feu renfermé ne devoit être développé que par une action beaucoup plus violente que celle qui lui vient de l'eau qui bout, on ne devoit s'attendre qu'à une dilatation imparfaite, à un simple soulèvement de parties, causé par l'introduction d'une certaine quantité de feu étranger; effet beaucoup inférieur à celui qu'on verroit, si ce feu qui vient d' dehors, avoit assez de force

582 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV.

LEÇON.

pour donner à celui qui est renfermé dans chacune des parties de la masse, toute l'action qu'il pourroit acquérir. Si l'on admet, à l'égard du mercure, cette supposition qui est assez vraisemblable, on n'aura pas de peine à voir pourquoi son volume n'augmente que de $\frac{1}{1000}$, tandis que celui de l'esprit-de-vin, qui contient sans doute plus de feu, & un feu moins enveloppé, reçoit une augmentation de $\frac{8}{1000}$.

L'huile de lin, matière inflammable, se dilate par la chaleur de l'eau bouillante bien plus que le mercure & l'eau; mais l'expansion du feu qu'elle contient, & qui contribue beaucoup à sa dilatabilité, n'est pas aussi libre que celle de l'esprit-de-vin; elle est retardée par l'adhérence réciproque des parties, par cette viscosité qu'on aperçoit sensiblement dans toutes les liqueurs grasses. Ainsi, parce que l'huile contient plus de feu que l'eau commune, un certain degré de chaleur la dilate plus qu'elle; mais il ne la dilate pas autant que l'esprit-de-vin, parce que le feu de celui-ci se met plus aisément en action.

APPLICATIONS.

XIV.
LEÇON.

Un vaisseau de verre ou de quelque autre matiere fragile, se casse bientôt s'il est entièrement rempli de liqueur, exactement bouché, & transporté ensuite dans un lieu chaud; c'est ce qu'on voit arriver assez communément aux flacons de poche, quand ils sont trop pleins, & j'ai perdu plusieurs fois des globes de verre, que j'avois rempli d'eau pendant l'hyver, & que j'oubliois de vider avant que les chaleurs du printemps ou de l'été fussent venues; la masse du liquide ainsi renfermé, en s'échauffant se dilate plus que la matiere du vaisseau, & le fait crever par deux raisons; 1°. parce que les liqueurs ne se laissant point comprimer à la maniere des solides, le volume qui tend à s'augmenter, ne fait point céder la résistance des parois qui le renferment. 2°. Parce que l'effort se fait d'un dedans au dehors, & que les parties qui forment l'épaisseur du vaisseau, ne se soutiennent point réciproquement, comme cela arrive, quand une pression égale les serre extérieurement de toutes parts, comme je l'ai expliqué.

384. LEÇONS DE PHYSIQUE

parlant des récipients de la machine pneumatique.*

XIV.

LEÇON.

* Tom. 1.
pag. 201. &
seq.

Lés bouteilles pleines de vin qu'on tire de la cave pendant les grandes chaleurs de l'Été, se cassent quelquefois par les mêmes raisons; & elles se casseroient bien plus fréquemment, si l'on n'étoit pas dans l'usage de les tenir fraîches, soit en les plongeant dans l'eau de puits récemment tirée, soit en les entourant de glace pilée: une autre cause qui les empêche encore de se casser, lors même qu'on néglige de les rafraîchir, c'est qu'elles ne sont presque jamais pleines entièrement & que le liège dont on les bouche est une matière flexible qui peut céder un peu à l'effort qui se fait pardedans.

De tous les exemples que je pourrois encore citer, comme ayant rapport à notre expérience, il n'en est pas qui convienne mieux, & qui mérite plus notre attention que le thermomètre. L'instrument même que j'ai décrit dans la *préparation*, en est un; & l'on peut juger du mérite de cette invention moderne par la manière dont elle a été accueillie, non-seulement des Physiciens, mais aussi des personnes qui

qui s'intéressent le moins aux progrès des sciences & des arts : est-il quelqu'un qui en ignore l'usage, & qui n'aime à en parler, lorsque le froid ou le chaud lui en donne occasion. On en peut juger aussi, & plus sûrement par les connoissances qu'il nous a déjà procurées, & par celles qu'on a droit d'en attendre.

XIV.
LEÇON.

Avant qu'on eût des thermometres comment pouvoit-on juger des différentes températures de l'air ; de celle des lieux où il nous importe qu'elle soit à un degré déterminé, de l'état de certains mélanges, de certaines compositions, dont le succès n'est sûr qu'autant qu'on y entretient telle ou telle chaleur ? Connoissoit-on d'autres refroidissemens que ceux dont on s'ap-
percevoit par le toucher, signe tout-à-fait équivoque ? Savoit-on que dans les caves profondes, & dans les autres souterrains il ne fait ni plus chaud en hiver ni plus froid en été, que dans toutes les autres saisons de l'année ; ou que s'il y a des différences, elles sont très-peu considérables ? Savoit-on que l'eau qui bout long-temps ne devient pas plus chaude qu'elle ne l'est

XIV. après les premiers bouillons ? Enfin ;
. LEÇON. sans les thermometres se seroit-on
 jamais douté, que dans les pays les plus
 chauds, sous la ligne équinoxiale, la
 plus grande chaleur n'excede pas celle
 que nous éprouvons quelquefois dans
 nos climats tempérés ? Auroit-on su ,
 & l'auroit-on pu croire, qu'il y eût un
 pays habité par des hommes , où le
 froid devient , en certaines années ,
 deux fois aussi grand & même davan-
 tage que celui qui causa tant de désor-
 dres en 1709 dans la France , & dans
 plusieurs autres pays de l'Europe ?

Le Physicien guidé par le thermo-
 metre travaille avec plus de certitude
 & de succès ; le bon citoyen est mieux
 éclairé sur les variations qui intéressent
 la santé des hommes , & les produc-
 tions de la terre ; & le particulier qui
 cherche à se procurer les commodités
 de la vie , est averti de ce qu'il doit faire
 pour habiter pendant toute l'année
 dans une température à peu près égale.

Cet instrument qui a tant d'avan-
 tages , & qui est digne d'Archimedes ,
 sortit pour la première fois des mains
 d'un rayfan de Northollande (a). A la

(a) Traité des Barometres , des Thermo-

vérité ce paysan nommé Drebbel n'é-
toit point un de ces hommes grossiers
qui ne connoissent que les travaux de
la campagne ; il paroît qu'il avoit na-
turellement beaucoup d'industrie , &
apparemment quelque connoissance
de la physique de ce temps-là. On
peut ajouter encore , pour rendre cet
événement moins merveilleux , que
le thermometre de Drebbel étoit fort
imparfait , capable à peine de faire
entrevoir les utilités qu'on pouvoit
attendre d'un autre qui seroit mieux
construit , & d'en faire naître l'idée.
C'étoit un tube de verre terminé en
haut par une boule creuse de même
matiere , & plongé par en bas dans un
petit vase rempli d'eau ou de quel-
qu'autre liqueur colorée ; le tout étoit
attaché sur une planche divisée en
parties égales , avec des chiffres de 5
en 5 ou de 10 en 10 , comme on le
peut voir par la *Fig. 10.* Pour mettre
cet instrument en état de marquer les
augmentations du froid & du chaud ,
l'Auteur appliquoit sa main sur la boule
pour l'échauffer : aussi-tôt l'air du de-
merres & Notiomètres , imprimé à Amsterdam
en 1684.

XIV.

LEÇON.

XIV. dans se dilatoit, augmentoit de vo-
LEÇON. lume, & ne pouvant plus tenir dans
 cette espece de vaisseau, une partie
 sortoit par en bas, à travers de la li-
 queur colorée; on cessoit alors d'é-
 chauffer la boule, ce qui donnoit lieu
 à l'air qui étoit resté de se condenser
 en se refroidissant; en même temps
 celui de l'atmosphère, qui pesoit sur
 la surface du petit vase, faisoit monter
 la liqueur dans le tube jusqu'au milieu
 ou aux trois quarts de sa longueur.

Cela étant fait, on voit bien que
 cette liqueur colorée, qui occupoit
 une partie du tube, devoit s'y élever
 ou s'abaisser, selon que la tempéra-
 ture de l'air extérieur refroidissoit ou
 échauffoit celui qui occupoit la boule
 & la portion du tuyau, immédiate-
 ment au-dessous.

Ce thermometre avoit beaucoup
 de défauts qui l'ont fait abandonner:
 le plus grand de tous, c'est qu'il étoit
 sujet comme un barometre, aux va-
 riations du poids de l'atmosphère;
 qui ne suivent pas, comme l'on fait,
 celles de sa température. Comme la
 liqueur colorée ne montoit dans le
 tuyau qu'en vertu de la pression de l'air

du dehors , il pouvoit arriver que cette liqueur fût sollicitée à s'élever par cette cause , tandis qu'une augmentation de chaleur dilatant l'air du dedans , exigeoit qu'elle descendît ; & alors ces deux causes opposées l'une à l'autre , ou se détruisoient mutuellement à forces égales , ou ne produisoient dans les autres cas qu'un effet participant de l'une & de l'autre , toujours équivoque & peu propre à indiquer le vrai degré de chaleur qu'on cherchoit à connoître.

Cependant avec ce défaut & plusieurs autres dont je ne fais point mention , cet instrument avoit ce qu'il faut essentiellement pour faire un thermometre ; c'étoit un fluide très-dilatable renfermé dans un vaisseau transparent , & d'une figure propre à rendre sensibles les moindres changements que le froid ou le chaud pourroient causer au volume. Cette première idée a servi comme de base à presque toutes les inventions de cette espece qui ont paru depuis.

Le thermometre de Florence , ainsi nommé , parce qu'il vient originairement de l'Académie *del Cimento* établie

XIV.
LEÇON.

XIV. dans cette ville, ou parce que Sancto-
LEÇON. rius, Médecin Italien, en fit usage, pour connoître le degré de chaleur de ses malades, fut pendant plus de soixante ans préféré à tous les autres ; & c'est encore aujourd'hui celui qu'on trouve le plus communément dans les boutiques des émailleurs ; il est composé d'un tube de verre fort menu, au bout duquel on a soufflé une boule : on emplit cette boule & environ un quart du tube, par un temps froid, ou après les avoir entortés de neige ou de glace pilée, on les remplit, dis-je, d'esprit-de-vin coloré ; & quand on juge que la liqueur est suffisamment refroidie, en chauffant le verre, on la fait monter presque jusqu'au haut du tube que l'on scelle alors hermétiquement. (a) On attache ensuite cet instrument sur une planche divisée en 100 parties égales, que l'on distingue par des chiffres de 10 en 10, ou de 5 en 5, & qui mesurent toute la longueur du tube. *Voyez la Fig. 11.*

(a) Sceller un tube ou un vaisseau de verre hermétiquement, ou à la manière d'Hermès, c'est amollir au feu de lampe la partie ouverte, jusqu'à ce que la matière se joigne, & s'unisse de toutes parts.

A mesure que le thermometre s'est perfectionné, on a senti qu'il pouvoit l'être encore davantage; on a désiré qu'il le fût, & les plus grands Physiciens de ce siecle (a) se sont fait honneur de travailler dans cette vue. Les Académiciens de Florence, & ceux qui avoient reçu d'eux cet instrument lui avoient laissé deux défauts qui limitoient beaucoup son usage & qui rendoient ses décisions vagues & incertaines. Premièrement, le froid & le chaud qu'il marquoit ne se rapportoit à rien de fixe ni de connu, il faisoit voir à la vérité que l'air ou toute autre matiere dans laquelle on le tenoit plongé, avoit plus ou moins de chaleur qu'on n'y en avoit trouvé précédemment; mais ce plus ou moins ne rappelloit aucune idée saisissable pour établir une comparaison, pour former un jugement.

En second lieu, plusieurs thermometres de cette espece n'étoient point comparables entr'eux: dans la même température, les uns se fixoient plus

(a) M^{rs}. Amontons, Halley, Newton, de Réaumur, Delisle, Farenneith, & Prins, guidés par M. Boerhaave, &c.

X I V.
LEÇON.

haut , les autres plus bas ; ce ne pouvoit être que par hazard & fort rarement , qu'ils exprimassent le même chaud ou le même froid par le même nombre de degrés ; & par une conséquence nécessaire , lorsqu'ils étoient placés dans des lieux différens , & que leurs marches ne s'accordoient point , on ne pouvoit pas en conclure avec sûreté , que ces lieux fussent plus chauds l'un que l'autre , ni qu'ils le fussent également , quand bien même la liqueur se seroit fixée de part & d'autre vis-à-vis le même chiffre. On ne pouvoit donc comparer la température d'un temps ou d'un lieu , à celle d'un autre temps ou d'un autre lieu , qu'en employant le même thermometre ; moyen impraticable dans les cas les plus intéressants , comme , lorsqu'il s'agiroit de connoître le froid & le chaud de tous les climats de la terre ou d'une longue suite d'années : comment faire voyager ainsi cet unique instrument ? & quand cela se pourroit , sa fragilité permettroit-elle de compter raisonnablement sur sa durée ?

Mais supposons qu'un Physicien eût

été assez heureux pour faire , à l'aide de son thermometre , un grand nombre d'observations intéressantes ; comment fera-t-il pour transmettre ses connoissances , & pour désigner au juste ce qu'il fait par rapport aux différents degrés de froid & de chaud qui font partie de ses découvertes ? suffira-t-il qu'il dise : Mon thermometre marquoit alors 15 , 20 , ou 30 degrés ? ce langage ne se fera point entendre de ceux à qui ce thermometre est inconnu ; ceux même qui le connoissent , n'en seroient guere mieux instruits , s'ils ne s'étoient mis un peu au fait de la valeur de ces termes , par d'autres observations.

Dès les premieres années de ce siecle , M. Amontons * conçut l'idée d'un thermometre comparable , d'un thermometre ; qui eût pour base un terme de chaleur fixe , connu de tout le monde , facile à retrouver quand il en seroit besoin , avec une graduation qui au lieu d'être arbitraire , comme à celui de Florence , offrit à l'esprit des quantités proportionnelles & relatives à un terme commun. En un mot , ce nouvel instrument devoit être tel ,

XIV.
LEÇON.

* *Mém. de
l'Acad. des
Sc. 1702. p.
161. & suiv.*

XIV.
Leçon. qu'étant construit par diverses personnes, en différents temps, & dans tous les lieux imaginables, il exprimât toujours le même chaud ou le même froid par le même nombre de degrés; & que s'il venoit à se casser ou à se perdre, celui qu'on lui substituerait, étant fait sur les mêmes principes, le remplaçât à tous égards, en marquant tout ce qu'il auroit marqué lui-même.

* Tom. 3.
pag. 262. &
Tom. 4. pag.
44.

Pour remplir ce projet, M. Amontons faisoit usage de deux belles découvertes qu'il venoit de faire, & dont nous avons déjà fait mention *: la première, que le ressort ou la force élastique de l'air s'augmente d'autant plus par le même degré de chaleur que ce fluide est chargé d'un plus grand poids : la seconde, que l'eau qui a une fois acquis assez de chaleur pour bouillir, ne devient pas plus chaude, quoiqu'elle continue de bouillir plus long-temps. Il avoit donc d'une part, un point fixe de chaleur très-saisissable, à portée de tout le monde, & qui renfermoit au-dessous de lui tous les degrés de froid & de chaud qu'on pouvoit éprouver dans les différents climats : d'un autre côté il employoit

EXPÉRIMENTALE. 395

fort ingénieusement le poids d'une colonne de mercure, pour charger & comprimer une masse d'air contenue dans une boule creuse, à laquelle étoit adapté un tube de verre recourbé, comme on le peut voir par la *Fig. 12*. Il apprenoit par la hauteur plus ou moins grande du mercure dans le tube *gh*, de combien le ressort de l'air contenu dans la boule *k* étoit moindre que celui qu'il reçoit de l'eau bouillante, quand on l'y tient plongé; & comme on savoit que ce ressort augmenté ou affoibli étoit l'effet d'une chaleur plus ou moins forte, on jugeoit de l'intensité de cette cause par la colonne de mercure plus ou moins longue que soutenoit l'air de la boule.

Cependant comme la masse d'air avoit à soutenir non-seulement le mercure contenu dans le tube, mais encore une colonne de l'atmosphère qui pesoit en *g*, & dont le poids est variable; dans l'usage qu'on faisoit de cet instrument, il falloit avoir égard à la hauteur actuelle du barometre; c'est-à-dire, que si le thermometre, par exemple, avoit été construit dans

XIV.

Leçon.

396 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. un temps & dans un lieu où le baromètre marquoit 28 pouces , & qu'on vint à le consulter lorsque le même baromètre ne marquoit plus que 27 pouces $\frac{1}{2}$, il falloit rabattre six lignes de l'élévation du mercure dans le tube *gh* du thermometre ; & au contraire compter sur l'addition d'une pareille quantité , si du temps de la construction , à celui de l'observation , le barometre avoit monté de six lignes.

LEÇON.

Cette attention qui auroit peu coûté à des Physiciens , étoit pourtant une sujétion incommode dans l'usage d'un instrument qui devoit passer entre les mains de tout le monde ; d'ailleurs ce thermometre étoit nécessairement grand , sans quoi le mercure qui sortoit de la boule pour monter dans le tuyau , eût laissé un vuide qui auroit augmenté la capacité occupée par la masse d'air , d'une quantité trop considérable , pour être négligée ; comme on supposoit qu'elle pouvoit l'être sans erreur sensible ; cette grandeur , nécessaire pour la justesse , mettoit le verre en plus grand risque d'être cassé , & ne permettoit pas qu'on pût le plonger dans des liqueurs ou dans d'autres

matieres qu'on n'auroit eu qu'en petite quantité, comme il arrive assez souvent dans les laboratoires de Physique ou de Chymie. Enfin, pour être sûr que plusieurs thermometres de cette espece, eussent tous la même marche, il falloit que les masses d'air renfermées dans les boules fussent de la même qualité; car on sait que la dilatabilité de ce fluide dépend beaucoup de son degré de pureté, & que s'il est plus ou moins humide seulement, le même degré de chaleur le dilate avec des différences très-considérables: comment pouvoit-on s'assurer au juste de l'état de celui dont on remplissoit la boule, dans des temps & dans des lieux éloignés les uns des autres?

Ces difficultés, jointes à celles d'une construction assez délicate (a), ont empêché que le thermometre de M. Amontons, tout ingénieux qu'il étoit, ne s'accréditât d'une certaine façon: un ouvrier fort intelligent de ce temps-là (b), instruit & guidé par

(a) Voyez le Mémoire cité ci-dessus à la page 108.

(b) Le sieur Hubin, habile & célèbre Emaillleur.

XIV.
LEÇON.

l'Auteur même, en répandit un certain nombre, que les curieux conserverent dans leurs Cabinets; mais ce qu'on nomme le Public, prit peu de part à cette invention; à peine trouve-t-on quelque Ouvrage de Physique, où il soit fait mention de l'usage qu'on en a fait.

Il étoit réservé à M. de Réaumur de causer à cet égard une révolution presque totale, de faire cesser jusques parmi le peuple l'usage du thermomètre de Florence, & de lui en substituer un, qui n'ayant point l'air d'une nouveauté par son extérieur, se trouve avoir toutes les qualités qu'on avoit désirées jusqu'alors dans cet instrument: en effet, en suivant de point en point ce que prescrit M. de Réaumur*,

* *Mém. de
l'Acad. des
Sc. 1730. p.
452. & suiv.*

chacun peut en tout temps, & presque en tout lieu construire des thermomètres, dont les marches soient comparables entr'elles, dont les degrés soient relatifs à des termes de froid & de chaud bien fixes & bien connus, des thermomètres qu'on observe immédiatement & sans aucune déduction, & qui soient applicables à toutes les épreuves qui sont du ressort de cet instrument.

Pour rem. lir toutes ces vues, M. de Réaumur commence la graduation de ses thermometres au degré de froid qui fait geler l'eau commune, & qui suffit à peine pour empêcher de fondre la glace que l'on tient dans un lieu où il ne gele pas; il est peu d'endroits où l'on ne puisse avoir de la glace, de la neige, ou au moins de la grêle dans quelque saison de l'année, & ce terme plus facile à obtenir qu'aucun autre dont on se soit servi jusqu'à présent, est aussi plus saisissable, & moins sujet à varier; ceux qui lui préfèrent la température des caves profondes, prétendent-ils qu'on trouvera plus communément des souterrains semblables à celui de l'Observatoire de Paris, que de l'eau glacée ou prête à l'être? Quand cela seroit aussi vrai qu'il est peu vraisemblable, nous savons présentement, à n'en plus douter, que cette température souterraine n'est point fixe comme il faudroit qu'elle le fût, & comme on l'a supposé long-temps. Je ne crois pas non plus qu'un froid artificiel excité par un mélange de

XIV.

Leçon.

XIV.
LEÇON.

glace avec quelque sel , doive être préféré au froid naturel de la glace ou de la neige pure ; plus les opérations sont simples , moins elles nous exposent à nous tromper. La chaleur de l'eau bouillante même , que quelques Physiciens ont pris pour leur point fixe , ne l'est pas autant que celui dont M. de Réaumur fait usage pour commencer sa graduation. L'eau n'est aussi chaude qu'elle peut l'être , qu'après avoir bouilli pendant quelques instants ; & comme elle s'échauffe de plus en plus , jusqu'à ce qu'elle bouille très-fort , & que ce bouillonnement arrive plutôt ou plus tard , selon le poids actuel de l'air qui pèse sur la surface , il est évident que le degré de chaleur de l'eau qui l'on fait bouillir , devient plus ou moins grand , suivant la pesanteur actuelle de l'atmosphère ; aussi Farenneith , qui fit le premier cette remarque , avoit-il bien soin de consulter la hauteur du barometre avant que de marquer le terme de l'eau bouillante sur ses thermometres de mercure ; & je ne doute pas que M. de Lisle , qui part aussi de ce terme pour la graduation des siens , n'ait

n'ait égard à cette Observation, qui a été bien vérifiée depuis.

XIV.
LEÇON.

Après avoir fait choix d'un terme fixe, M. de Réaumur par des procédés ingénieux, mais dont il faut apprendre le détail par la lecture même de son Mémoire, étudie & trouve le rapport qu'il y a entre la capacité de la boule & de celle du tuyau; il est bien plus sûr & plus facile de s'y prendre ainsi, que de prétendre obtenir quelque proportion déterminée des Ouvriers qui soufflent ces sortes de verres, & que la plus longue habitude ne met pas en état de faire à cet égard ce que l'on voudroit. Cela étant fait, il divise le tube de manière que chaque portion de sa capacité peut contenir tout juste $\frac{1}{1000}$ partie de la liqueur qui occupe la boule & environ un quart du tuyau; de sorte qu'ayant fait prendre à cette liqueur le froid de la glace, il marque zéro à l'endroit où elle s'arrête, & compte au-dessous de ce terme les degrés de condensation, & au-dessus, ceux de dilatation.

Quand la liqueur, en s'échauffant, monte dans le tube de 5 ou de 6 degrés

402 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. **LEÇON.** au-dessus de zéro, *terme de la glace*, ou de la congélation de l'eau, cela signifie donc que son volume, qui n'étoit que de 1000 parties, devient égal à 1000 & 5, ou 6 de ces mêmes parties; & quand au contraire la liqueur, en se refroidissant, s'abaisse au-dessous de ce terme, on fait par le nombre de degrés qu'elle parcourt en descendant, que son volume est diminué de tant de millièmes.

Si deux de ces thermometres sont faits avec des boules & des tubes, dont les capacités ne sont point de part & d'autre dans des rapports semblables, que le tube de l'un, par exemple, soit à la boule comme 100 à 1000, ou comme 1 à 10 pour la capacité, & que la proportion de l'autre soit comme 150 à 1000, ou comme $1\frac{1}{2}$ à 10; tout ce qu'il en arrivera, c'est que l'échelle de celui-ci aura les degrés plus petits & en plus grand nombre que l'autre; mais dans tous les deux, ces degrés seront toujours des millièmes de la capacité qui est au-dessous de zéro, & c'est ce qui caractérise principalement le thermometre de M. de Réaumur, & ce qui

le fait différer essentiellement de ceux dont la graduation faite en parties égales & en nombre arbitraire sur la longueur du tuyau, ne donne aucune idée distincte de l'action de la chaleur, puisque la dilatation de la liqueur qui en est l'effet, n'y est pas mesurée par des quantités égales, ou proportionnelles.

Mais ce n'étoit point assez pour rendre les thermomètres comparables, & leur procurer des marches semblables, de commencer la graduation à quelque terme connu & fixe, & d'établir une certaine proportion entre toutes les parties du tuyau, & la capacité de la boule; il falloit encore convenir d'une liqueur dont le degré de dilatabilité fût déterminé, & qu'on pût aisément se procurer par-tout; car nous avons fait voir par l'expérience même qui a fait naître cette digression, que le degré de chaleur qui fait monter l'esprit-de-vin dans le tube jusqu'au 87^e millièame, n'éleve pas autant, à beaucoup près, l'eau pure, l'huile de lin, le mercure, & que chacune de ces liqueurs, également chauffée, se fixe à la hauteur

XIV.
LEÇON.

qui lui convient ; d'où il arriveroit nécessairement , que si deux thermometres , construits d'ailleurs suivant les principes de M. de Réaumur , différoient seulement par plus ou moins de dilatabilité dans leurs liqueurs , les degrés correspondants ne pourroient plus exprimer des quantités semblables de froid & de chaud : l'un des deux , par exemple , marqueroit la chaleur animale par 32 degrés au-dessus du terme de la glace , & l'autre par le même nombre de degrés exprimeroit une chaleur qui seroit , à coup sûr , plus forte ou plus foible.

La liqueur la plus dilatable seroit sans doute la plus propre à faire des thermometres bien sensibles ; mais dans bien des occasions on auroit peine à la trouver , & l'intention de l'Auteur a été que le nouveau thermometre pût se faire en tout temps & en tout lieu ; c'est pourquoi il s'est un peu relâché sur la grande dilatabilité , pour sauver une difficulté par laquelle on auroit été souvent arrêté : M. de Réaumur s'est fixé à l'esprit-de-vin , qu'il affoiblit avec de l'eau ; & après avoir donné des regles pour

EXPÉRIMENTALE. 405

cet affoiblissement, il enseigne des moyens sûrs pour connoître si ce mélange a atteint précisément le degré prescrit de dilatabilité; ces épreuves consistent à faire passer un de ces thermomètres par certains degrés de chaud & de froid, qu'on fait d'ailleurs être toujours les mêmes, par la chaleur de l'eau bouillante, par exemple, par celle d'un mélange de glace ou de neige, avec un tiers du poids de sel marin, &c. de là vient que dans tous les thermomètres construits sur ces principes, le degré de l'eau bouillante est de 80, celui de la chaleur animale $32 \frac{1}{2}$, celui des souterrains très-profonds $10 \frac{1}{4}$, celui du sel commun mêlé avec la glace 15 au-dessous du terme de la congélation de l'eau; & cette méthode est si sûre, que quand une fois la liqueur est propre à l'un de ces termes, au refroidissement causé à la glace par le sel marin, par exemple, elle convient pour tous les autres.

Si dans la construction de ces thermomètres on a donné la préférence à l'esprit-de-vin sur des liqueurs susceptibles d'un plus haut degré de

XIV.
LEÇON.

406 LEÇONS DE PHYSIQUE



XIV.
LEÇON.

chaleur, c'est qu'on s'est proposé avant toute chose d'en faire un instrument météorologique, un instrument dont le principal usage seroit de faire connoître les différentes températures de l'air; & en le considérant sous ce point de vue, il est incontestable qu'on a eu raison de préférer aux huiles qui s'épaississent, & au mercure qu'on a peine à appercevoir, une liqueur très-dilatable, qui se colore autant qu'on le veut & qui peut soutenir beaucoup plus de chaleur qu'elle n'en peut jamais recevoir de l'air dans aucun climat. S'il est question de s'en servir dans les laboratoires de Physique & de Chymie pour mesurer des degrés de chaud qui surpassent celui de l'eau bouillante; si des observations récentes & postérieures à l'invention de cet instrument, ont appris que l'esprit-de-vin affoibli pourroit bien se geler dans certaines parties du monde où l'on seroit peut-être bien aise de le faire voyager, rien n'empêche qu'en gardant tout le reste de la construction, on ne substitue à l'esprit-de-vin pour ces cas rares, ou pour des usages particuliers, toute autre liqueur

moins prompte à bouillir, pourvu qu'on tienne compte de son degré de dilatabilité. XIV.

Leçon.

J'ai beaucoup de peine à croire que l'esprit-de-vin devienne moins dilatable & moins condensable par succession de temps : c'étoit pourtant l'opinion de M. Halley, cité par M. Muschenbroek*, qui dit l'avoir éprouvé lui-même ; c'est aussi sur ma propre expérience que je m'appuie pour penser tout autrement ; voilà bien des fois que je remets à la glace, à l'eau bouillante, & aux autres épreuves, des thermometres que j'ai faits il y a environ trente ans, & je les vois toujours revenir aux mêmes termes ; celui de M. de la Hyre, que l'on conserve encore à l'Observatoire, & que l'on tient depuis plus de cinquante ans en plein air dans toutes les saisons, ne donne aucune marque sensible d'affoiblissement.

* *Essais de Phys.* t. 1.
pag. 461.

Le seul reproche raisonnable qu'on ait fait aux thermometres de M. de Réaumur dans le temps qu'ils commencèrent à paroître, (& c'étoit moins un reproche qu'un regret), c'est qu'étant beaucoup plus grands que

408 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. ceux de Florence, ils en étoient moins faciles à transporter par-tout où l'on **Leçon.** souhaitoit les avoir, & moins prompts à suivre les changements qui arrivent, quelquefois assez subitement, à la température de l'air. Cette difficulté fut bientôt levée; M. de Réaumur, sous la direction duquel je travaillois alors, me fit appercevoir que ces grands instruments, & l'appareil qu'ils exigeoient pour être construits avec justesse, n'étoient nécessaires que pour en régler d'autres qui pourroient être aussi justes qu'eux, & beaucoup plus petits; je n'en ai plus fait depuis que pour cet usage, & tous ceux qui sont sortis de mon laboratoire, étoient, ou de la grandeur ordinaire des baromètres, ou renfermés dans une petite boîte fort étroite, qui n'avoit pas un pied de longueur, *Fig. 13.* On les pourroit bien faire encore plus petits, à l'imitation de ceux qui entrent dans des étuis à cure-dents, *Fig. 14.* mais je pense, que, comme il n'étoit pas raisonnable de rejeter les premiers thermomètres de M. de Réaumur, par la seule raison que les yeux n'étoient pas accoutumés à voir ces sor-



100

100

100

100

100

100

100

100

100

100

tes d'instruments de quatre ou cinq pieds de hauteur, il est presque puérile aussi, de vouloir qu'ils puissent se porter dans la poche, comme un couteau, & de forcer gratuitement sa vue sur une graduation excessivement fine.

La première expérience employée dans cette Leçon, fait naître une difficulté contre tous les thermomètres qui ont paru jusqu'à présent : tous, par leur forme, ressemblent plus ou moins au vaisseau représenté par la *Fig. 1.* & nous avons vu que la boule, qui contient la plus grande partie de la liqueur, se dilate & devient plus grande à mesure qu'elle s'échauffe. Il suit de-là que la liqueur d'un thermomètre ne monte pas aussi haut dans le tube qu'elle y monteroit, par le degré de chaleur qu'elle éprouve, si la capacité de la boule étoit absolument invariable; & par rapport à celui de M. de Réaumur, que les portions du tuyau qui répondent à chaque degré ne sont rigoureusement des millietes de la capacité qui est au-dessous de zéro, que quand l'instrument est dans une température égale à celle où il

410 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. étoit, quand on a mesuré & déterminé cette proportion. Dans les grandes chaleurs ces mesures pechent par défaut, elles ne contiennent pas tout-à-fait cette millieme partie dont il s'agit ; dans les grands froids elles la contiennent, & un peu plus, elles pechent par excès ; si la liqueur échauffée par de l'eau bouillante s'arrête vis-à-vis le chiffre 80, il faut donc entendre qu'elle s'élèveroit plus haut de toute la quantité dont l'instrument de notre expérience, plongé dans l'eau qui bout ; fait descendre la sienne, si les boules & les tubes étoient dans les mêmes rapports de parts & d'autres.

Cet effet est inévitable ; il ne s'agit plus que de savoir de quelle quantité il influe sur les proportions d'où dépend l'exactitude du thermometre ; dans quels cas il cause une imperfection notable, & s'il y a des moyens pour y remédier. Le Mémoire de M. de Réaumur, cité ci-dessus *, répond amplement sur tous ces articles ; je étois ne pouvoir mieux faire que d'y renvoyer le Lecteur, comme j'ai fait à l'égard des détails qui regardent la

* Pag. 398.

construction du thermometre même; car, je l'ai déjà dit plusieurs fois, cet ouvrage n'est point fait pour apprendre à construire des instruments de Physique; si je m'écarte quelquefois pour en montrer, pour ainsi dire, l'esprit & les principes, ce n'est qu'autant que ces digressions ont un rapport assez marqué avec la matiere que je traite; c'est la raison pour laquelle j'espere qu'on voudra bien me pardonner la longueur de celle-ci. Je ne dois pourtant pas la finir sans dire un mot de l'usage le plus commun du thermometre, & de la maniere de l'observer.

XIV.
LEÇON.

C'est ordinairement pour connoître les différents degrés de chaud & de froid qui regnent dans l'air, qu'on employe cet instrument, & qu'on est curieux d'examiner sa marche: pour le faire d'une maniere convenable il faut avoir quelques attentions sans lesquelles on tomberoît dans l'inexactitude. Il faut 1^o. placer le thermometre à l'air libre, c'est-à-dire, en dehors des appartemens; & s'il est appuyé contre un mur, on doit prendre garde que ce mur ne contienne

XIV.
LEÇON.

dans son épaisseur quelque tuyau de cheminée, ou qu'il ne soit adossé à quelque four où l'on fasse du feu en certains temps. Ceux que l'on place dans des chambres ne peuvent indiquer que la température du lieu où ils sont, cela n'est pas inutile dans bien des occasions (a) : mais on n'en doit rien conclure pour le temps qu'il fait au dehors. 2°. L'exposition doit être au nord ou à peu près, dans quelque place qui ne reçoive jamais ni les rayons directs, ni même les rayons réfléchis du soleil ; & à cet égard, il est bon que l'on sache que la proximité d'un grand arbre, d'un édifice, fût-il passablement éloigné, d'une montagne voisine, &c. peut causer des reflets de lumière très-efficaces ; le pavé même renvoye au premier étage, & aux appartements du rez-de-chaussée, une chaleur qui diffère notablement de celle qui agit plus haut, 3°. Le temps le plus froid des vingt-quatre heures,

(a) Pour échauffer, par exemple, convenablement la chambre d'un malade, ou une serre ; pour savoir la différence qu'il y a quant au froid, entre l'air du lieu que l'on habite, & celui qu'on doit respirer en sortant, & éviter des excès dangereux, &c.

qui composent dans nos climats la nuit & le jour, étant pour l'ordinaire celui qui précède un peu le lever du soleil, & le temps le plus chaud celui qui arrive deux ou trois heures après le passage de cet astre par le méridien, il est à propos qu'un Observateur exact visite le thermometre deux fois tous les jours; le matin, & l'après-midi dans les temps dont je viens de parler, indépendamment des observations qu'il lui plairoit de faire dans les autres heures du jour ou de la nuit.

4°. Quand on regarde la liqueur pour savoir au juste à quel degré d'élévation elle est, il est nécessaire de placer l'œil à la même hauteur; car s'il est plus haut, on jugera la liqueur moins élevée qu'elle ne l'est en effet; & s'il est plus bas, cette même liqueur paroîtra trop haute. *Voyez la Fig. 15.*

5°. Enfin, on doit faire attention, que si l'on s'approche fort près & long-temps, sur-tout avec un flambeau ou une bougie allumée, pour observer le degré de froid ou de chaud qui est désigné par la liqueur du tube, il peut arriver que celle de la boule reçoive quelque chaleur qui ne vient

XIV. point de l'air, & qui rend l'observation moins-exacte.

LEÇON. Si l'on veut donc faire part de ses remarques sur les diverses températures de l'air, & leur mériter de la confiance de la part des Connoisseurs, on aura soin de dire de quelle espece de thermometre on s'est servi, en quel endroit de la terre, & comment il étoit exposé, à quelles heures, & avec quelles attentions on l'a observé.

On a vu par la premiere & par la seconde Expériences, que les corps solides les plus durs, les plus compactes, se dilatent & augmentent en volume quand on les échauffe de plus en plus jusqu'à un certain point; la troisieme Expérience a prouvé que les liquides sont soumis à la même loi: il s'agit maintenant d'examiner quels effets peut produire sur les uns & sur les autres une chaleur continuée & plus grande que celle d'où il ne résulte qu'une simple dilatation ou écartement de parties: commençons par ceux de la premiere classe.

La plupart des mixtes, ceux même qui ont assez de consistance pour

être nommés solides, sont composés de parties dont les unes bien moins fixes que les autres, quittent la masse avec le feu qui s'en exhale; & ces fortes de déchets commencent souvent avec les premiers degrés de chaleur: de-là il arrive que le corps chauffé, avant que d'être arrivé à ses derniers degrés de dilatation, n'est déjà plus le même qu'il étoit au commencement, il a changé de nature par l'évaporation d'une partie de ses principes, & il a passé par divers états, si ces mêmes principes, plus volatils les uns que les autres, n'ont cédé que successivement à l'action du feu. On ne doit pas s'attendre de trouver ici le détail de tous les changements qui arrivent par cette voie aux différentes especes de substances sur lesquelles on fait agir le feu; c'est un objet qui appartient à la Chymie, & qui seroit étranger à présent; celui qui m'occupe est de faire connoître l'action du feu en général, ce que cet élément est capable d'opérer, & non pas ce qu'il opere en effet sur telle ou telle matiere en particulier; si je suis obligé de m'attacher à des exemples, parce

XIV.
LEÇON.

416 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. que j'emprunte mes preuves de l'ex-
LEÇON. périence, je dois choisir préférable-
ment les plus simples, je dois repré-
senter l'action du feu sur des matieres
dont les parties semblables entr'elles,
se prêtent ou se refusent, toutes éga-
lement au même effet; or dans la plu-
part des corps qui sont tels que je les
suppose ici, la dilatation poussée jus-
qu'à son dernier période, finit enfin
par un amollissement de la masse, par
une liquéfaction plus ou moins par-
faite, selon la nature du corps que
l'on chauffe, ou le degré d'activité du
feu que l'on fait agir.

IV. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Je place dans la demi-coquille
d'une noix une de ces pieces de mon-
noie que nous nommons *sol neuf*, dont
la valeur est actuellement de dix-huit
deniers, ou six liards, & qui sont faites
d'un alliage de cuivre avec un peu
d'argent: dessus & dessous cette pie-
ce, que je ploye un peu en forme de
gaufre, je mets autant qu'il en peut
tenir dans cette espee de creuset, un

mélange fait de trois parties de nitre ou salpêtre fin, bien pulvérisé & séché sur une pelle de fer que je fais chauffer, auxquelles je joins une partie de fleur de soufre, & autant de sciûre ou rapure de quelque bois tendre tamisé (a). Je place la coquille ainsi chargée sur du sablon, ou sur quelque support qui s'accommode à sa convexité, afin qu'elle ne se renverse point, & avec une allumette je mets le feu à la poudre qu'elle contient. *Voyez la Fig. 16.*

XIV. LÉÇON.

E F F E T S.

On voit la poudre s'enflammer & fuser pendant quelques instants, après quoi l'on apperçoit au fond de la coquille le métal fondu & très-ardent qui se ramasse en forme de bouton, & qui se durcit promptement dès que la matière qui brûloit autour est consumée.

EXPLICATION.

Le feu dont on se sert dans cette expérience est d'autant plus puissant,

(a) *N.* Que toutes ces doses sont prises au poids.

XIV.

LEÇON.

* Tom. I.

pag. 15.

qu'il fait agir avec lui sur le métal, le soufre & le nitre qu'il a mis en fusion, matieres qui contiennent un acide qui suffiroit seul pour dissoudre le cuivre & l'argent, dont le *sol neuf* est composé: on a vu par une expérience de la premiere Leçon * qu'une piece de monnoie s'ouvre en deux lorsqu'elle est pénétrée d'une certaine façon par la vapeur du soufre; & tout le monde fait que l'esprit de nitre est le dissolvant de presque tous les métaux; nous devons donc croire que ce mélange enflammé, porte sur la piece qu'on y a plongée, un degré de chaleur très-violent qui l'a bien-tôt dilatée autant qu'elle peut l'être; mais la même cause continuant d'agir, le métal fait plus que se dilater; ses parties trop écartées les unes des autres, pour conserver leur adhérence réciproque, se quittent enfin, & nagent librement dans la grande quantité de feu qui les pénètre.

Il ne faut pas moins que cette grande abondance de parties ignées pour tenir en fusion du cuivre & de l'argent; dès que le mélange consumé leur donne lieu de s'évaporer & de

fortir de la masse qu'elles tiennent en état de liquidité, cette même masse reprend bien-tôt sa première consistance en passant, quoique plus lentement par tous les degrés de froid ou de moindre chaleur, que le feu lui avoit fait perdre.

XIV.

LEÇON.

Ce qui mérite bien d'être remarqué, c'est que ce feu dont l'activité fait fondre un métal très-dur, ne consume pas la coquille de noix qui sert de creuset. Elle demeure ordinairement presque entière, après l'opération; elle n'est que légèrement endommagée par dedans, ou si elle est percée, c'est seulement à l'endroit où a reposé le métal fondu, si l'on n'a pas eu soin de l'éteindre avec de l'eau, dans l'instant qu'on s'est aperçu qu'il avoit coulé. Ce fait considéré en lui-même, paroît être d'une légère importance, & ne pas mériter la peine qu'on s'y arrête; mais il tient à d'autres qui intéressent davantage & qui dépendent comme lui d'une propriété du feu, digne d'une attention sérieuse.

Le feu, quand il agit en force suffisante, produit des effets d'autant plus

XIV.
LEÇON.

grands, que son action a été plus retardée : quand une fois cette action devient victorieuse, elle dilate, elle dissout, elle dissipe une masse avec d'autant plus de promptitude, & d'une manière d'autant plus complète, que les parties de cette masse lui ont opposé plus de résistance, avant que de céder : les métaux plus difficiles à fondre que la cire, la résine, la graisse, &c. coulent aussi beaucoup plus vite, quand ils sont atteints par le degré de chaleur auquel doit céder la cohérence de leurs parties. Les huiles grasses s'enflamment plus tard que l'esprit-de-vin, ou celui de térébenthine, mais leur embrasement porte un degré de chaleur bien plus considérable : la poudre qui s'allume en plein air, ne fait qu'un effort bien médiocre, & qui n'a nulle proportion avec celui dont elle est capable, dans une arme à feu, ou dans un fourneau de mine.

Je conçois donc que le feu appliqué à la surface d'un corps solide, fait deux choses en même temps ; il le pénètre d'un côté à l'autre, & en le pénétrant, il met en action les particules du feu qui résident dans les petites masses

qui composent ce corps; si ces petites masses sont de nature à céder aisément aux premiers degrés d'expansion que reçoit le feu qu'elles renferment, celle de la surface se dissolvant, ou s'évaporant avant que les autres, qui sont plus reculées, aient été suffisamment échauffées, de couche en couche la masse se fond, comme on voit que cela arrive à de la cire, ou à du beurre; ou bien elles se dissipent en fumée & en flamme, comme on peut le remarquer, lorsqu'on voit brûler une bûche.

XIV.
LEÇON.

Mais si les parties de la surface ont un degré de fixité, qui donne le temps au feu qui les attaque, de porter son effort jusques sur les autres & d'animer suffisamment les petites portions de feu qu'elles renferment; je comprends que l'expansion de ce feu interne qui doit désunir les parties propres de la masse, doit avoir lieu presque en même temps par-tout, & que la dissolution devient générale en très-peu de temps, comme on voit que cela se passe à l'égard des métaux.

Si l'on veut revenir maintenant à la coquille de noix, qui a donné lieu à

422 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV.

LEÇON.

cette remarque, on verra pourquoi elle s'est conservée presque toute entière, tandis que le métal qu'elle contenoit s'est embrâsé jusqu'à se fondre; l'action du feu, qui n'a eu qu'une petite durée, en a pourtant eu assez, pour pénétrer & ébranler jusques dans ses moindres parties une piece très-mince, qu'elle attaquoit en même temps de toutes parts. Mais à l'égard du petit creuset de bois, elle n'a eu le temps que d'agir sur sa superficie intérieure, qu'elle a brûlé; ou si elle a pénétré dans son épaisseur, une trop grande porosité lui a laissé le passage si libre, qu'elle s'est dissipée, sans animer les parties de son espece qui pouvoient y être, au point de causer l'embrâsement total.

APPLICATIONS.

Les Arts ont bien profité de cette action du feu, qui fait passer diverses matieres de l'état de solidité à celui de liquidité. Il n'est presque pas de métier, qui ne s'en aide, ou qui n'en fasse son principal objet: le Menuisier, le Sculpteur, le Luthier, l'Ebéniste, & tant d'autres, font un usage continuel

de la colle-forte, qui n'est autre chose que de la corne préparée pour se fondre aisément dans l'eau chaude, & se durcir ensuite : tant qu'elle est liquide, elle s'étend sur le bois, elle se moule dans ses pores, & en s'y durcissant, elle devient un lien commun entre deux surfaces appliquées l'une contre l'autre. Il en est presque de même des soudures employées par le Ferblantier, le Plombier, le Chaudronnier, l'Orfèvre, &c. Ce sont des alliages qui coulent à un degré de feu au-dessous de celui qu'il faudroit pour fondre les pieces de métal, qu'on veut joindre, & qui, lorsqu'ils se refroidissent prennent une dureté & une consistance égale ou à peu près, à celle de ces mêmes pieces. Ceux qui fabriquent la chandelle, la bougie, la cire à cacheter, &c. ne sont presque occupés qu'à fondre & à refondre ces matieres pour les façonner; enfin c'est par la fusion des matieres les plus dures qu'on est parvenu à faire le verre, matiere peut-être plus estimable que l'or, si l'on veut l'apprécier par les commodités qu'elle nous procure, & par les effets merveilleux dont elle embellit le monde.

XIV.

Leçon.

424 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV.
LEÇON.

Mais de tout ce qui peut se fondre ; & se durcir ensuite, je ne vois rien de comparable aux métaux, par rapport à la multiplicité & à l'importance des usages qu'on en fait; depuis qu'ils sont tirés du sein de la terre, jusqu'au moment où ils y rentrent par la dispersion de leurs parties, presque toutes les formes qu'on leur fait prendre, ils les doivent au feu qui les liquéfie dans le creuset, pour être coulés dans des moules, ou qui les amollit à la forge, pour les rendre flexibles sous le marteau.

Le fer fondu presque en sortant de la mine, devient marmîtes, chaudières, canons, tuyaux d'aqueducs, plaques de cheminées, vases de jardins, &c. & que ne deviendrait-il pas, si celui qui en fait commerce, savoit profiter de tout ce que M. de Réaumur a expérimenté & écrit * sur la manière de traiter ce métal, & de le mettre en œuvre? Le fer doux & celui que l'on a converti en acier, ne deviennent plus assez liquides, pour être coulés, mais ils sont encore susceptibles d'une demi-fusion, c'est-à-dire, qu'ils s'amollissent; & entre les mains
du

* L'art de
convertir le
fer en acier,
& d'adoucir
le fer fondu.

du Serrurier, du Taillandier, du Cou-
telier, du Fourbisseur, de l'Arquebu-
sier, du Maréchal, &c. ils reçoivent
un infinité de façons, par lesquelles
ils rendent nos bâtimens & nos voi-
tures solides, sûres, agréables & com-
modes; ils nous procurent des armes
pour notre défense, & pour nos plai-
sirs : ils fournissent des instrumens
& des outils pour tous les Arts.

XIV.
LEÇON.

L'Orfèvre, le Bijoutier, le Fabri-
cant d'étoffes, ministres du luxe &
de la mode, remettent souvent le mê-
me or & le même argent au creuset,
pour changer les contours de la vais-
selle, pour donner de nouvelles for-
mes aux boîtes, aux étuis, &c. & pour
enchérir sur les dessins & les orne-
mens de l'année précédente : sans cer-
te facilité de fondre & de refondre, le
goût de la nouveauté auquel on s'a-
bandonne si volontiers, auroit bien
moins de ressource, & l'industrie
n'auroit pas autant de moyens de
s'exercer & de se perfectionner.

Que ne fait-on pas avec le cuivre
fondu, sur-tout avec celui qu'on a
rendu jaune, en le mêlant avec la Ca-
lamine ? est-il présentement un me-

XIV.
LEÇON.

ble qui n'en soit décoré? la dorure qu'il reçoit aisément, & qu'il fait si bien valloir, n'a pas peu contribué au grand usage qu'on en fait aujourd'hui : mais ce qui a fait de tout temps le grand mérite de la fusibilité du cuivre, c'est qu'on ait pu & qu'on ait dû choisir ce métal, préféablement à tous les autres, pour former ces monuments qui transmettent à la postérité les événements mémorables, les portraits des hommes illustres, & les productions des grands Mâtres. Les princes & les curieux possèdent encore aujourd'hui grand nombre de bas-reliefs, & de figures d'airain, qui instruisent les Savants, qui forment le goût de nos Artistes; que seroient devenus tous ces précieux restes de l'Antiquité, si le métal dont ils sont faits, eût été aussi cher que l'or & l'argent, aussi sujet à la rouille que le fer, aussi tendre que le plomb & l'étain? L'injure des temps, ou la cupidité des hommes ne leur eussent jamais permis de passer jusqu'à nous.

L'étain d'abord moulé, & ensuite plané à coups de marteau, fait une vaisselle beaucoup moins précieuse

que celle d'argent, & qui n'a point la fragilité de la fayence ou de la terre cuite; par ces deux raisons elle convient, on ne peut pas mieux, dans les cuisines des grandes Maisons, dans les Hôpitaux, dans les Communautés Religieuses, & généralement partout où il y a grand nombre de gens à nourrir, & peu de magnificence à observer dans le service.

L'étain fondu s'attache au fer, moyennant quelque préparation; c'est par cette union que l'on fabrique ces feuilles minces qu'on nomme *Fer blanc*, dont on fait tant de jolis ouvrages, & à si bon marché; le fer enduit d'étain ne se rouille pas, voilà pourquoi l'Eperonnier s'en sert pour blanchir les mors des brides; & dans plusieurs endroits on est dans l'usage d'étamer aussi toutes les ferrures qui servent aux portes & aux fenêtres des appartements.

Sans un pareil enduit d'étain fondu, que l'on met au-dedans des marmites, casseroles, & autres ustensiles de cuisine, qui sont faites de cuivre rouge, on risqueroit perpétuellement d'être empoisonné par le verd-de-gris

428 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV.

LEÇON.

qui est la rouille de ce métal ; malgré l'usage où l'on est d'étamer la batterie de cuisine , il arrive encore bien des accidents par la négligence des domestiques qui ne connoissent point assez le danger d'un étamage usé ou mal fait , ou qui provoque le verd-de-gris , en laissant séjourner dans ces vaisseaux , des matières salées & des jus aigres.

Pour combien d'usages ne fait-on pas fondre le plomb ? Coulé en *Tables* , il devient propre à couvrir les faites des bâtimens , à former des gouttières , à revêtir intérieurement des bassins , ou tout ce qui doit recevoir , garder , ou conduire les eaux. Employé chaud , & lorsqu'il est liquide , il sert à sceller dans la pierre des pièces de fer , qui doivent servir de liens , ou tout autre ouvrage de ferronnerie , qui a besoin d'être fixé solidement. Fondu & moulé en globules , il est plus propre qu'aucune autre matière , à conserver la vitesse qu'il reçoit de la poudre qui s'enflamme dans une arme à feu ; avec cet avantage qu'il nient de son poids , il a encore celui de n'être pas bien cher , ce qui met

le plaisir & le profit de la chasse à la portée d'un plus grand nombre de personnes.

XIV.

Leçon

Comme il faut plus de chaleur pour faire couler la cire, que pour fondre du beurre ou du suif; aussi chaque métal ne devient-il liquide que par le degré de feu qui lui convient; le fer est le plus difficile à faire couler; le cuivre se fond avec moins de feu, mais il lui en faut davantage qu'à l'argent & à l'or: le plomb cède à une chaleur bien plus foible, & l'étain encore plus aisément fusible, ne soutient pas celle qu'on peut faire prendre à des matières grasses; c'est pourquoi les vaisseaux faits ou enduits de ce métal se gâtent, ou périssent bientôt entre les mains d'une cuisinière, qui s'en sert, pour faire roussir du beurre, du lard, de la graisse, &c.

Le feu met en fusion les alliages plutôt que les métaux simples, dont ils sont composés; le sol neuf de notre expérience, par exemple, se fondroit dans un degré de feu, qui ne feroit pas couler séparément l'argent ni le cuivre, dont il est fait. Cela ne doit pourtant pas se prendre pour une re-

430 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. **Leçon.** gle générale: car le métal blanc, dont on fait les miroirs de Telescope, & tous ceux qui servent aux expériences de Catoptrique; ce métal, dis-je, qui est composé de cuivre rouge, d'étain, & d'arsenic, ou d'antimoine, ne se fond pas aussi aisément que l'étain pur. Il en est de même du métal des timbres; celui des canons & des cloches résiste à un degré de feu, qui n'est pas fort éloigné de celui qu'il faut pour fondre le cuivre, & qui l'emporte de beaucoup sur la chaleur qui fait couler l'étain; ces différences dépendent apparemment des proportions que l'on met entre les métaux qui composent l'alliage; le degré de fusibilité tient davantage de celui qu'on y fait entrer en plus grande quantité.

En expliquant les effets de la dernière expérience, j'ai observé que la pièce de monnaie devoit sa prompte fusion à l'embrâtement du nitre & au soufre dans lesquels elle se trouve plongée; ce fait bien entendu peut servir à rendre raison d'une pratique, qui est fort commune dans tous les Arts, où l'on fait usage des soudures fortes: comme il est essentiel que les

EXPÉRIMENTALE. 437

pieces, qu'on veut souder, ne soient pas fonduës par le degré du feu qu'elles ont à souffrir, les Ouvriers emploient deux sortes de moyens pour prévenir cet accident; 1^o, ils composent leurs soudures avec tels métaux & alliés dans telles proportions qu'elles puissent couler à un degré de chaleur moindre que celui qu'il faudroit, pour fondre les métaux simples qu'ils ont à souder; 2^o, ils mêlent les paillettes ou grains de soudure avec quelque matiere saline, qui en prépare & en accélère la fusion, en se fondant elle-même; c'est ordinairement du borax pulvérisé, qu'on emploie à cet effet; & moyennant ces deux précautions, les deux surfaces qui doivent s'attacher, ne font que s'échauffer, & se dilater autant qu'il faut, pour être enduites, & légèrement pénétrées par l'alliage fondu, qui se trouve & qui soule entr'elles.

XIV.

Leçon

V. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

UN support fait en forme de po-
tence, comme le représente la Fig. 17.

432 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV.

LEÇON.

tient, suspendu par deux ficelles, un vase cylindrique de verre très-mince dans lequel on a mis une chopine d'eau bien claire. On y plonge un petit matras de verre aussi bien mince, & afin qu'il ne touche pas le fond, on enfile un peu à force sur le col une rondelle de liège, qu'on fait ensuite reposer sur les bords du vase cylindrique, de sorte que la boule de ce matras plongé, est environnée de toutes parts d'un pouce d'eau à peu près.

A la distance d'un pied au-dessous du vase suspendu, on établit un réchaud plein de charbons bien allumés, & qui ne fassent aucune flammée; & la tige du support, qui est de deux pièces, dont l'une entre dans l'autre autant qu'on le veut, donne la facilité de faire descendre le vase vers le feu, & de l'en approcher de plus en plus, à mesure qu'il s'échauffe.

Tout étant ainsi disposé, voici ce qu'on observe, en se plaçant de manière que le vase suspendu se trouve entre la lumière & l'œil.

E F F E T S.

1°. Lorsque l'eau a reçu 35 ou 40 degrés

degrés de chaleur, la surface intérieure du vase cylindrique, sur-tout celle du fond ; & la surface extérieure du matras se couvrent d'un grand nombre de petites bulles qui paroissent être de l'air ; ces bulles grossissent à mesure que l'eau s'échauffe davantage ; & quand elles ont acquis un certain volume, elles se détachent, & elles montent à la superficie de l'eau.

XIV.
LIÇON.

2°. A 60 ou 70 degrés de chaleur ; on voit s'élever du fond du vase cylindrique, une petite vapeur extrêmement fine, & qu'on n'apperçoit qu'avec beaucoup d'attention, & en prenant la lumière un peu obliquement : cette vapeur ressemble tout-à-fait à celle qu'on remarque autour des poêles ; & lorsqu'elle a quitté le fond du vase, d'où elle s'élève, on la voit se diviser, s'étendre, & se répandre dans toute la masse de l'eau, qui perd sa première limpidité & devient un peu louche.

3°. Quand la chaleur de l'eau est de 80 degrés ou à peu près, toute la masse est remplie de bulles imperceptibles, qui en troublent la transparence, & qui s'élèvent rapidement en

===== ligne droite , depuis le fond du vase
 X I V. jusqu'à la superficie de la liqueur qu'il
 LEÇON. contient.

4^o. Le feu n'étant plus qu'à un pouce de distance , le fond du vase semble s'entr'ouvrir par plusieurs petits trous qu'on ne voit cependant pas, mais d'où l'on croit voir sortir une matiere transparente , qui se divise en plusieurs jets, qui s'élance comme la flamme avec une extrême rapidité ; alors l'eau se souleve de toutes parts , & il s'y forme de grosses bulles transparentes , qui vont crever à la surface.

5^o. Rien de tout cela ne paroît dans l'eau du matras , elle ne parvient que fort lentement à un degré de chaleur, qui est toujours un peu moindre que celui de l'eau bouillante ; & elle ne bout jamais , quoique celle qui l'entoure continue de bouillir pendant plus d'une heure.

VI. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Je choisis un verre de thermometre, dont la boule ait environ un pouce de diametre & le tuyau un pied de

longueur : je remplis les deux tiers de la boule avec du mercure , & je noue au bout du tube que je laisse ouvert , la moitié d'une vessie de carpe , comme on le peut voir par la *Fig. 18*. Je plonge ensuite la boule de cet instrument dans un bain de sable que je chauffe peu à peu , jusqu'à ce qu'il soit capable de fondre des petites lames de plomb que j'y enfonce de temps en temps : alors je la retire du sable , & je la transporte sur des charbons ardents , dont je la tiens éloignée seulement d'un demi-pouce ; quand elle a été chauffée de la sorte pendant quelques instants , & que l'on continue de la tenir au même feu , on remarque ce qui suit.

XIV.
LEÇON.

E F F E T S.

1°. A certains points du fond de la boule de verre , & précisément aux endroits qui sont le plus exposés au feu , on voit le mercure se soulever , comme s'il étoit poussé par des jets continuels & redoublés d'une matière transparente sans couleur ; & tant que cet effet dure , toute la masse bouillonne. 2°. La petite vessie qui est

XIV. nouée au bout du tube, paroît un peu gonflée pendant tout le temps que le mercure bout ainsi; 3°. mais elle se défenfle, & revient à peu près à son premier état, quand tout est refroidi.

EXPLICATIONS.

Le bouillonnement des liqueurs, & sur-tout celui de l'eau que l'on fait chauffer est un de ces phénomènes, que l'on est tellement accoutumé de voir, qu'il faut être un peu Philosophe, pour oser croire qu'il mérite la peine qu'on s'y arrête; le commun des hommes ne demande raison que des faits qui lui paroissent extraordinaires; or rien ne l'est moins que celui dont il s'agit; sa cause même n'est ignorée de personne, on fait que c'est le feu qui fait bouillir; mais il y a quelque difficulté à dire comment le feu opere ce soulèvement, lorsqu'entre le liquide & lui il y a l'épaisseur d'un vaisseau dont la matiere est communément plus dense, que celle qu'il contient: est-ce le feu que j'apperois en globules au milieu de la liqueur bouillante, & qui en interrompt la continuité; ou bien est-ce un autre fluide,

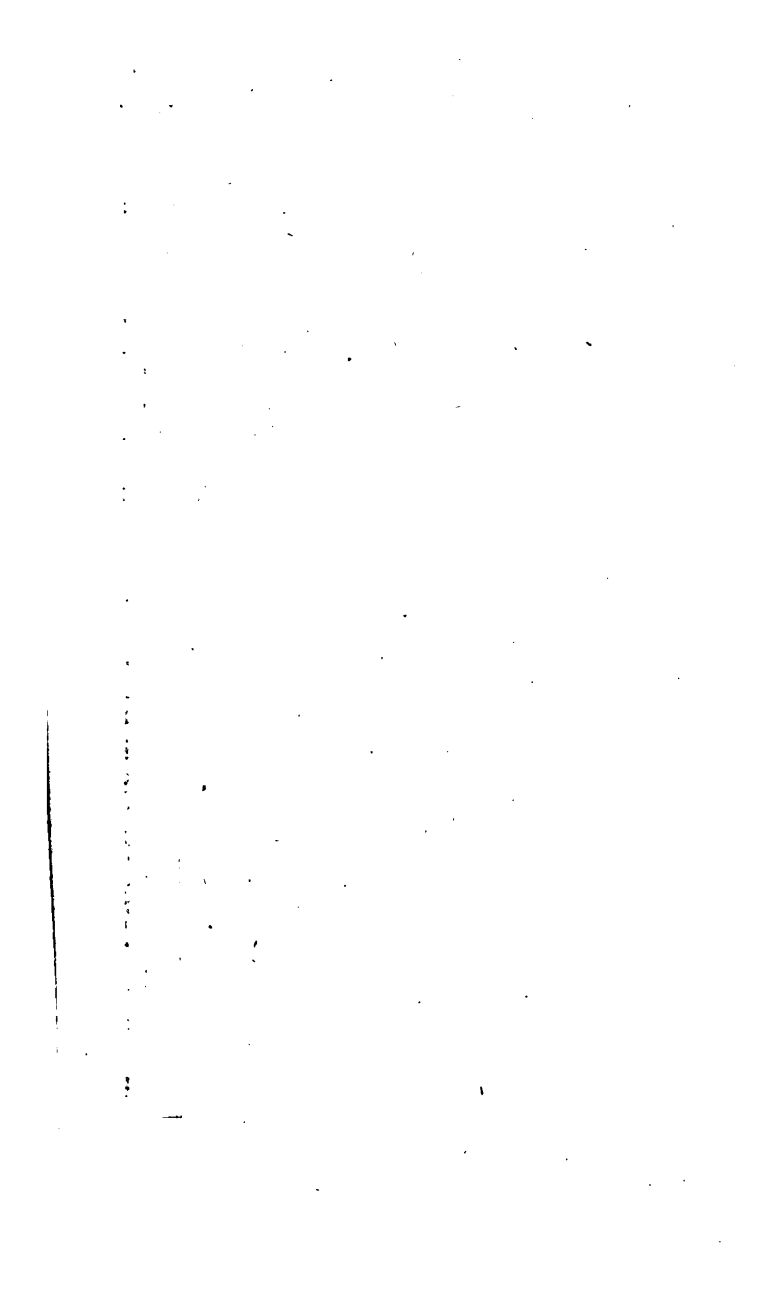
Fig. 15.



Fig. 16



Fig. 17.



qui se développe du sein même de cette liqueur, ou que l'action du feu fait passer du dehors au-dedans par les pores dilatés du vaisseau? Voilà des questions qui se présentent assez naturellement, & sur lesquelles je vais dire ma pensée, en prenant pour guide ce qui paroît être indiqué par les deux expériences précédentes.

XIV.

LEÇON.

Un corps embrasé lance des rayons de feu de toutes parts; il devient comme le centre d'une sphere d'activité, qui a plus ou moins d'intensité & d'étendue, selon la nature & la quantité de la matiere qui brûle. Ainsi le fond du vase cylindrique de la cinquieme expérience, suspendu au-dessus des charbons ardents, est exposé à des rayons de feu, qui le pénètrent lui & la masse d'eau dont il est chargé; de-là naît un degré de chaleur très-sensible dans l'un & dans l'autre.

Cette premiere action du feu dilate & fait paroître sous un volume sensible toutes les petites lames d'air qui étoient restées adhérentes aux surfaces tant du vase que du matras; & lorsqu'en s'agrandissant de plus en plus par l'augmentation de la cha-

438 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. leur, ces bulles ont acquis une légèreté respective, qui peut l'emporter
LEÇON. sur la force qui les retient contre le verre, elles s'en détachent & gagnent la superficie de l'eau.

Les pores du verre & ceux de l'eau dilatés par 60 ou 70 degrés de chaleur, reçoivent & transmettent des rayons de feu d'un plus gros volume ; & c'est apparemment ce qui forme cette espèce de vapeur, qu'on voit s'élever du fond même du vaisseau, & qui s'apperçoit peut-être moins par elle-même ou par son ombre, que par quelque modification qu'elle cause à la lumière dans un milieu, dont elle altere l'homogénéité, & par conséquent la transparence : c'est à peu près ainsi que l'esprit-de-vin le plus pur, quand on le mêle avec de l'eau bien claire, s'y fait voir pendant quelques instants, comme une vapeur divisée par filets, & la rend un peu louche.

Lorsqu'une chaleur plus forte, ou continuée plus long-temps, a dilaté le verre & l'eau encore davantage & d'une manière plus complète, il est naturel de penser que le feu se criblant, pour ainsi dire, en plus grande

quantité, & en plus grosses parties à travers le fond du vase, dont les pores sont considérablement agrandis, se trouve en état d'écarter l'eau, & de remplir un espace sensible: cet espace rempli par une matiere très-fluide, qui n'a point de couleur, & qui est beaucoup plus légère que l'eau, doit avoir toutes les apparences d'une bulle d'air, & représenter les mêmes effets qu'elle; c'est-à-dire, que s'il part du fond du vase un grand nombre de pareilles bulles extrêmement petites, leur légèreté respective, aidée par l'impulsion des rayons du feu, dont elles font partie, les élève rapidement à travers la masse de l'eau, qu'elles rendent trouble & dont elles augmentent un peu le volume.

La transparence diminue, parce que ces petites bulles d'une matiere extrêmement rare composent avec l'eau un milieu, dont la densité n'est plus uniforme à beaucoup près; & nous ferons voir ailleurs qu'en pareil cas la lumiere ne se transmet point aussi facilement, ni d'une maniere aussi complete, que lorsqu'elle a à pénétrer des corps diaphanes dont les parties sont homogenes.

XIV.
LEÇON.

L'augmentation du volume de l'eau est une espèce de soulèvement causé par ces bulles de matière étrangère, assez petites encore pour se faire jour, & passer aisément dans la masse, mais trop grosses pour se loger dans les pores, qui d'ailleurs doivent être censés pleins d'une pareille matière. Si ces mêmes bulles se suivent encore de plus près, qu'elles forment des jets continuels, & qu'elles entrent plus grosses par certains pores du verre, comme on le voit réellement, dès que la chaleur est parvenue à un degré convenable; on conçoit bien que les soulèvements de la liqueur doivent être plus fréquents, plus grands, & que la transparence ne peut être alors que très-imparfaite; & en effet voilà l'état d'une masse d'eau que l'on fait bouillir.

J'ai dit plus haut, que ces espaces transparents qui interrompent la masse du liquide, & qui font le bouillonnement, avoient toute l'apparence de bulles d'air; j'ajoute ici qu'elles n'en ont pas la réalité: une liqueur que l'on tient au feu, bout jusqu'à la dernière goutte, jusqu'à ce qu'elle soit entièrement évaporée; est-il probable

EXPÉRIMENTALE. 441

qu'elle renferme assez d'air pour fournir à toutes ces ampoules qu'on voit naître & s'enfler pendant tout le temps de son ébullition ?

XIV.
LEÇON.

En vain me diroit-on qu'une très-petite quantité d'air extrêmement dilaté peut suffire à cet effet : l'expérience nous apprend que ce fluide sous le poids de l'atmosphère ne se dilate que d'un tiers de son volume par la chaleur de l'eau bouillante. S'il étoit possible de mesurer toutes les bulles qui viennent se dissiper à la superficie d'une pinte d'eau que l'on fait bouillir jusqu'à siccité, & qu'on les additionnât pour en avoir le volume total, quand bien même on rabattrait un tiers de la somme, on se persuadera sans peine, que le reste représenteroit encore une quantité beaucoup au-dessus de celle de l'air qu'on peut raisonnablement attribuer à l'eau (a).

La sixieme Expérience, en nous montrant que les liquides mêmes les

(a) Par les Expériences de M. Halles, il paroît que l'air contenu dans l'eau, égale à peine la cinquante-quatrieme partie du volume, *Stat. des Veget. ch. 6. p. 156*; & par les miennes, il m'a paru qu'on pouvoit l'évaluer à $\frac{1}{5}$. *Mém. de l'Acad. des Sc. 1743. p. 215.*

442 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV.

LEÇON.

plus pesants sont susceptibles d'ébullition, nous fait voir aussi que ce qui les met en cet état, n'est point de l'air qui se dégage de leur intérieur : outre que l'œil peut suivre ces bulles transparentes depuis le fond du vase où l'on voit qu'elles prennent naissance, jusqu'à la superficie de la liqueur où elles se dissipent, il est évident qu'elles ne sont formées par aucun fluide capable, comme l'air, de remplir une vessie, puisque celle de carpe qui est liée au bout du tube, ne paroît point du tout gonflée après l'opération, & qu'elle ne l'est même dans le temps qu'on chauffe l'instrument, qu'autant qu'il convient qu'elle le soit par la dilatation du peu d'air contenu au-dessus du mercure dans la boule & dans le tube.

M. Muschenbroek a si bien senti la difficulté, ou plutôt l'impossibilité d'expliquer l'ébullition des liqueurs par la dilatation de l'air qu'elles renferment, qu'il a pris le parti d'attribuer cet effet à *un fluide élastique*, qui est répandu dans l'Atmosphère terrestre, & qui passe de-là dans tous les autres corps, mais qui n'est point de l'air (grossier), quoi-

qu'il lui ressemble, dit-il, à bien des égards *. Je n'ai garde de contester l'existence de ce fluide, qui nous est indiqué par tant de manieres différentes; & que j'ai admis moi-même sous le nom d'air subtil *. Mais s'il faut autre chose pour faire bouillonner une liqueur, que la matiere du feu qu'on voit assez clairement passer par les pores du vaisseau; comme je vois une infinité de bouillons partir du même point de la surface solide, & que ces bouillons naissent toujours par l'endroit le plus exposé au feu, je ne puis sans peine les attribuer à des portions de ce fluide élastique, qu'on suppose répandu dans la masse, & qui n'attend, pour se dilater, qu'un certain degré de chaleur.

J'aimerois mieux croire que le vaisseau recevant par l'endroit qui touche le feu, plus de chaleur que n'en peut soutenir de l'eau, par exemple, tant qu'elle est en état de liqueur, la premiere couche, qui est appliquée à cette partie trop chaude du vase, se convertit en vapeur, & que plusieurs portions semblables de vapeur dilatée par l'abondance du feu qui pénètre le vase,

XIV.

LEÇON.

* *Essais de Phys.* t. 1. pag. 436.

* *Tome 2. pag. 457. & seq.*

XIV. soulèvent brusquement la masse qui les
LEÇON. environne de toutes parts, & gagnent
 par leur légèreté la superficie où elles
 se dissipent : quand il tombe une goutte
 d'eau sur un fer chaud, dans l'espace
 de quelques instans fort courts, elle
 est évaporée ; mais avant que de l'être,
 elle forme plusieurs petits bouillons
 qui crevent dans le moment même qu'ils paroissent : creveroient-ils de même, s'ils étoient appuyés par une masse fluide plus dense que l'air, & presque aussi chaude qu'eux mêmes ? Je ne le crois pas : j'imagine plutôt, que cédant au feu qui les pousseroit, & qui les auroit enflées, ces petites bouffées de vapeur s'enfonceroient dans le liquide dont elles seroient couvertes, qu'elles en feroient voir la continuité interrompue, & qu'étant beaucoup plus légères que lui, elles iroient promptement se dissiper à sa superficie. Or la partie d'un vaisseau la plus exposée au feu, peut être comparée au fer chaud, dont je parle, & la couche de liqueur qui s'y trouve appliquée à chaque instant, peut éprouver le même sort que la goutte d'eau qui s'évapore.

Si l'on ne voit pas bouillir l'eau du petit matras plongé dans le vase cy-
lindrique de la cinquieme Expérience, XIV.
 c'est apparemment parce que les LEÇON.
 rayons de feu divisés & amortis, pour
 ainsi dire, en traversant l'eau qui est
 entre le fond du vaisseau & le matras,
 ne font que transpirer à travers l'é-
 paisseur de celui-ci; & n'ont pas la
 force de soulever & de faire bouillon-
 ner la portion d'eau qu'il contient.
 Ajoutez à cette raison, que ce petit
 vaisseau plongé ne pouvant jamais re-
 cevoir que le degré de chaleur de l'eau
 bouillante, n'a pas tout-à-fait celui
 qu'il faut, pour convertir en vapeur
 dilatée aucune partie de celle qu'il
 renferme, comme il est très-probable
 que cela arrive à l'égard du vase cylin-
 drique exposé immédiatement au feu.

On m'objectera peut-être que si le
 matras plongé dans l'eau bouillante
 contenoit, au lieu d'eau, de l'esprit-de-
 vin, cette dernière liqueur ne man-
 queroit pas de bouillir: ce qui semble
 prouver que les rayons du feu, en tra-
 versant l'eau qui bout, ne s'amortif-
 sent pas, comme je le suppose; puis-
 qu'ils pénètrent encore le second vais-

seau avec toute la force qu'il faut, pour exciter l'ébullition.

XIV.

LEÇON.

L'ébullition de l'esprit-de-vin ; oui : mais non celle de l'eau ; à moins que cette eau , par quelque cause que ce puisse être , ne soit plus facile à soulever & à convertir en vapeur , que celle dans laquelle elle est plongée.

On a dû voir par les deux dernières Expériences , que toutes les liqueurs ne bouillent point au même degré de chaleur. Comme il en faut moins pour l'eau que pour le mercure , aussi en faut-il moins pour l'esprit-de-vin que pour l'eau ; ainsi la chaleur de l'eau qui bout , quoiqu'un peu moindre que celle qui enflamme les bouillons , peut suffire pour faire naître dans une liqueur plus légère , ou plus évaporable , de ces petites bouffées de vapeurs qui soulèvent la masse , & qui font ce qu'on nomme bouillonnement. Dans une expérience de la douzième Leçon l'on a vu bouillir de l'eau par la chaleur d'un bain d'eau non bouillante : c'est que ce degré de chaleur trop foible , pour exciter des bouillons dans une masse d'eau chargée du poids de l'Atmosphère , suffisoit , pour en faire naître , dans une

autre masse, de pareille eau, sur laquelle la pression de l'air étoit nulle ou à peu près. XIV.

LEÇON.

Je ne dissimulerai pas cependant qu'en répétant cette expérience, j'ai souvent remarqué que les bouillonnements recommençoient à chaque coup de piston, quoique le vaisseau qui contenoit l'eau cessât d'être plongé dans son bain.

Il n'est guere possible d'attribuer ce dernier effet aux rayons de feu qui pénètrent le vaisseau du dehors au dedans, & qui soulèvent les liqueurs : mais pourvu que cette liqueur soit soulevée par un fluide transparent & sans couler, qui cause des interruptions dans le volume, & qui s'élève précipitamment à la superficie; il n'importe quel soit ce fluide, la liqueur bouillira, ou paroîtra bouillir; or je fais, à n'en pouvoir douter, que quand je fais le vuide dans un vaisseau, il y rentre à chaque coup de piston, une matiere subtile que je crois être de la nature de l'air; je lui vois soulever dans une infinité d'endroits la couche d'eau que je laisse exprés sur la platine de la machine pneumatique, & je pré-

448 LEÇONS DE PHYSIQUE

• XIV.

LEÇON.

fume de-là , que dans le cas dont il s'agit , cette même matiere passe en plus grande abondance , & plus rapidement à travers les pores du matras qui contient l'eau , d'autant plus que ces pores sont dilatés par la chaleur du bain ; en passant ainsi , elle supplée aux rayons du feu qui ne subsistent plus.

A P P L I C A T I O N S.

De tout ce qui vient d'être dit , on peut tirer trois conséquences , 1°. Que l'ébullition est le dernier terme de la liquidité ; c'est-à-dire , qu'un corps fusible se liquéfie par degrés , jusqu'à ce qu'il bouille ; puisqu'il ne parvient à cet état , qu'autant que la matiere du feu le pénètre , & le divise de plus en plus.

2°. Que les matieres fondues ou liquéfiées par l'action du feu , continuent de s'échauffer , jusqu'à ce qu'elles bouillent , & qu'au-delà de ce terme leur chaleur n'augmente plus.

3°. Que l'ébullition n'est pas toujours l'effet du feu , mais en général celui d'un fluide quelconque , qui s'insinue & se peletonne , pour ainsi dire , dans une liqueur , qui la souleve brusquement

quement, & qui en fait voir la continuité interrompue.

XIV.

LEÇON.

La cire, la graisse des animaux, les gommes, les résines amollies par un feu lent, nous laissent appercevoir plusieurs degrés de liquidité, par lesquels elles passent, avant que d'arriver au dernier; & dans chaque art où l'on emploie ces matieres, l'ouvrier est attentif à saisir celui qui convient le mieux à ses vues: le Chandelier, par exemple, se garde bien de plonger ses meches dans du suif trop chaud; celui qui fabrique les cierges, ne verse sur les siennes que de la cire à peine fondue; & avec ces attentions l'un & l'autre viennent à bout d'appliquer en peu de temps couche sur couche, ce qui ne se feroit pas, si la matiere étoit trop liquide. On doit chauffer avec ménagement les mastics qui sont composés de cire, de poix, de résine, &c. mêlées avec quelque poudre pesante, comme la cendre, ou le ciment; parce que, quand on pousse la fusion trop loin, la partie grasse devient si liquide, que la matiere pesante qu'on y a mêlée, pour donner de la dureté & de la consistance, s'en

separe, & tombe au fond du vaisseau.

XIV.
LEÇON.

Le beurre & les graisses que l'on fait fondre dans les cuisines, bouillent ordinairement assez vite, & avec beaucoup de bruit; parce que ces matieres se trouvent presque toujours mêlées avec des parties d'eau, ou avec quelque jus d'herbes; dès qu'elles ont atteint un certain degré de chaleur (qui ne les feroit pas bouillir cependant, si elles étoient pures); l'humidité qu'elles couvrent, ou qu'elles renferment, se convertit en vapeur dilatée, & forme une infinité de vésicules qui crevent avec éclat.

Il y a des matieres qui passent tout d'un coup de la consistance de solide, à une liquidité, qui paroît aussi complète qu'elle puisse l'être, quoiqu'il y ait encore loin de cet état à l'ébullition; telle est l'eau, par exemple, qui dans le moment qu'elle cesse d'être de la glace, est sensiblement aussi fluide, qu'elle paroît l'être, quand elle commence à bouillir: ces deux termes comprennent cependant 80 degrés entr'eux: tels sont aussi la plupart des métaux qui coulent aussi-bien dans les premiers instants de leur fusion, qu'a-

près avoir souffert un plus grand feu.

Il est probable néanmoins que ces matières, comme toutes les autres, se liquéfient de plus en plus jusqu'à un certain point, que leurs molécules se divisent & se subdivisent à mesure que le feu les pénètre; mais apparemment que leurs parties, lorsqu'elles commencent à se désunir, sont déjà si petites, que chacune d'elles échappe à nos sens; au lieu que dans la cire, dans les résines, dans les gommes, &c. que l'on fait fondre, la désunion se fait de loin en loin, & nous laisse appercevoir les portions de matière qui changent de position respectivement les unes aux autres.

Il paroît qu'après l'ébullition commencée la chaleur ne fait plus de progrès, non-seulement dans l'eau, comme nous l'avons déjà remarqué en plusieurs endroits, mais généralement dans tous les corps qui peuvent se liquéfier: ainsi quand on est parvenu à faire bouillir de l'huile, de la cire, du soufre, du mercure, &c. en les chauffant on fait prendre au liquide toute la chaleur dont il est susceptible, les circonstances restant les mêmes. On

XIV.

LEÇON.

XIV. ne doit pas confondre à cet égard l'ébullition avec la simple liquéfaction, comme je vois qu'on a fait dans quelques ouvrages modernes, ni dire spécialement, que les métaux ne s'échauffent plus après la fusion : il n'y a point de Fondeur qui ne sache le contraire, & qui ne se repente de temps en temps d'avoir coulé sa matière trop ou trop peu chaude : la beauté des miroirs qu'on fait servir aux télescopes, dépend moins de la composition du métal, (qui n'est plus un secret), que du degré de chaleur dans lequel il faut saisir la matière en fusion, pour la jeter dans le moule : enfin quelle différence n'y a-t-il pas, par rapport au degré de chaud, entre l'eau qui cesse d'être de la glace & celle qui commence à bouillir?

On ne voit pas communément que l'action du feu fasse bouillonner les métaux fondus dans le creuset : & ce n'est pas leur pesanteur seule qui met obstacle à cet effet, comme on le pourroit croire, puisque le mercure, qui ne le cède qu'à l'or pour le poids, bout autant que les autres liquides, lorsqu'il est chauffé suffisamment. Mais s'il

est vrai, comme il y a toute apparence, que l'ébullition d'une liqueur chauffée soit causée par des petites portions de la masse que le feu convertit en vapeur, & qu'il dilate subitement en forme de grosses bulles, il est tout simple que la seule action du feu ne cause dans le métal fondu aucun soulèvement de cette espèce; car on fait que les métaux ne s'évaporent qu'en se décomposant, & que ces altérations, quand elles arrivent, commencent par la superficie: l'étain se calcine, le plomb devient litarge, le cuivre & le fer se couvrent de scories: tout ceci se fait à la vérité par l'évaporation des soufres & des parties grasses, mais la vapeur qui en résulte ne part point du fond du vaisseau, comme il faudroit qu'elle en vint, pour soulever la masse & causer des bouillonnements.

Ce qui prouve bien que le métal en fusion est aussi propre à bouillir que tout autre liquide, pourvu que le feu, en le pénétrant, y trouve quelque matière, qui puisse devenir vapeur & s'enfler, c'est qu'il n'y en a aucun qui ne bouille fortement, lorsqu'on y

XIV.

LIXON.

XIV.

LEÇON.

plonge un corps capable de s'y brûler & de fumer, un morceau de bois, par exemple, ou quand on le verse dans un moule qui contient quelque humidité : si la vapeur est abondante, ou dilatée par un grand degré de chaleur, comme il peut arriver, quand c'est du cuivre ou du fer que l'on coule, ces bouillonnements sont plus que sensibles, ils sont dangereux, car ils peuvent faire jaillir au loin la matière ardente qui les enveloppe.

L'ébullition d'un fluide qui s'échauffe, n'est pas toujours causée par le feu qui passe du dehors au-dedans, c'est quelquefois par une chaleur intestine, par une fermentation, que certaines parties se dilatent subitement & plus fortement que les autres, qu'elles deviennent des globules de vapeur, & qu'elles s'enflent : alors la masse est soulevée & interrompue par des bouillons, comme si cet effet venoit du fond & des parois d'un vaisseau exposé au feu ; c'est ainsi que le vin nouveau bout dans la cuve ; c'est ainsi qu'on voit bouillir l'eau dans laquelle on fait éteindre de la chaux.

Enfin une matière fondue par l'ac-

tion du feu, & qui bout pendant un certain temps, perd sensiblement de sa masse, ou s'évanouit totalement; c'est le dernier effet qui nous reste à examiner.

XIV.
LEÇON.

VII. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

Il faut bien broyer & mêler ensemble trois gros de salpêtre fin, bien séché, deux gros de sel de tartre, & pareil poids de fleur de soufre; le tout sera mis dans une cuiller de fer que l'on posera sur des charbons médiocrement allumés. *Voyez la Fig. 19.*

E F F E T S.

A mesure que ce mélange s'échauffe, on le voit se roussir, & ensuite se noircir par les bords; il devient liquide, & il fume un peu; on apperçoit quelques petites flammes bleues à la superficie: & un instant après il se dissipe subitement & totalement avec un bruit effroyable.

EXPLICATION.

Les changements de couleur, la vapeur, & la petite flamme qu'on ap-

 XIV.

Leçon.

perçoit à la superficie du mélange, tandis qu'il continue de s'échauffer, viennent principalement du soufre qui se fond, & qui brûle plus aisément que le salpêtre & le sel de la terre. Le soufre fondu aide & accélère la fusion des deux autres matières, qui s'en iroient aussi en vapeurs & en flamme, à mesure qu'elles se fondroient, si elles n'étoient pas plus fixes que lui. Mais comme elles ne doivent céder qu'à un degré de chaleur beaucoup plus grand, & que l'explosion des parties de feu renfermées dans les corps, est toujours d'autant plus forte qu'elle a été retardée davantage, comme nous l'avons déjà observé; ces trois matières fondues, intimement mêlées & échauffées au-delà de ce qu'elles peuvent l'être, sans se dissiper, s'enflamment & s'évaporent toutes à la fois, & avec une extrême violence; l'air frappé subitement par un grand volume de flamme & de vapeur, retentit à proportion de la secousse qu'il reçoit.

Il y a bien de l'apparence que le sel de tartre, qui entre dans la composition de cette poudre *fulminante*, est la principale cause de son impétueuse inflammation :

flammation : étant plus fixe que les deux autres matieres auxquelles il se trouve uni, c'est lui probablement qui retarde leur dissipation, & qui donne le temps aux parties de feu qu'elles renferment de se déployer toutes ensemble, & avec toute leur force. Ce qui rend cette conjecture très-probable, c'est que le fer & l'or deviennent aussi *fulminants*, lorsqu'ayant été dissous par l'eau régale, & précipités en poudre fine par une forte lessive du sel de Tarte, on les expose au feu dans une cuiller, sur une pelle de fer, ou simplement sur le bout d'une lame de couteau.

XIV.

LEÇON.

Quand on fait ces sortes d'expériences, il faut se tenir un peu à l'écart, de peur que la vapeur enflammée, ou quelque partie de la matiere encore en grumeaux, ne jaillisse au visage, ou dans les yeux, ce qui seroit d'une dangereuse conséquence : on doit aussi prendre garde que le feu ne soit pas trop ardent ; car ce qui touche le fond de la cuiller se trouvant trop tôt fondu, & assez chaud pour partir, il n'y auroit que cette portion qui seroit effet, le reste seroit

458 LEÇONS DE PHYSIQUE

===== simplement chassé, sans fulminer.

XIV.

APPLICATIONS.

LEÇON.

On peut regarder comme une règle générale, que toute matière, de quelque nature qu'elle soit, peut faire des explosions violentes & fulminer, si elle est capable de se convertir subitement & totalement en vapeur ou en flamme, ou bien si elle est contenue de manière que ses parties exposées à l'action du feu, ne puissent céder que toutes ensemble : il m'est arrivé quelquefois de lâcher un peu trop tôt la vis qui retient le couvercle de la marmite de Papin, dont j'ai parlé dans la douzième Leçon * : l'eau qui y étoit renfermée, & qui avoit encore assez de chaleur pour s'évaporer en totalité, est sortie alors comme un souffle impétueux qui ne dura pas plus qu'un éclair, & qui eût sans doute jeté fort loin le couvercle, s'il eût été entièrement libre. De pareils effets ont fait dire à d'habiles Physiciens, que par le moyen de la vapeur de l'eau fortement dilatée, on feroit sauter les murs d'une ville, comme on le fait avec la poudre à canon, si cette dila-

* Tome 4.
page 40.

tation pouvoit se faire aussi promptement, & avec autant de facilité que celle du soufre & du salpêtre.

XIV.
LEÇON.

Ces deux dernières matières mêlées & long-temps broyées avec de l'eau & du charbon de bois, se réduisent en une espèce de pâte, dont on forme des petits grains en les faisant passer par des espèces de cribles : ces petits grains bien séchés sont ce qu'on appelle *poudre à tirer* ou *poudre à canon* ; invention précieuse & utile, si nous n'en abusions pas, & qui feroit trop d'honneur à l'esprit humain, s'il y avoit été conduit, non par le hasard, comme il y a tout lieu de le penser, mais par des recherches raisonnées. L'Auteur, le lieu & le temps de cette belle découverte ne sont pas bien connus ; cependant on convient assez communément, que l'usage des armes à feu n'est pas plus ancien en Europe que le commencement, ou même le milieu du quatorzième siècle (a).

La plupart des Physiciens qui ont parlé de l'explosion de la poudre, ont

(a) Quand les Européens ont commencé à commercer avec les Chinois, ils y ont trouvé l'usage de la poudre établi.

460 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. attribué ce merveilleux effet unique-
LEÇON. ment à l'air qui s'y trouve comme in-
corporé par l'action des pilons, & à
celui qui remplit les petits espaces que
les grains rassemblés comprennent
entr'eux. « Cet air, disent-ils, extrê-
» mement & subitement dilaté par
» l'action du feu violent qui agit de
» toutes parts sur lui, s'étend avec
» une incroyable vitesse, & chasse
» devant lui tout ce qui lui fait obs-
» tacle ».

Ces raisons doivent entrer sans
doute dans l'explication des effets de
la poudre enflammée; & je n'ai garde
de les contester; mais je ne les crois
pas suffisantes, je pense qu'il faut y en
ajouter quelqu'autre. Une charge de
poudre qui s'enflamme feroit-elle
fondre du verre? C'est bien tout au
plus: mais le degré de chaleur qu'il
faut pour cela, ne peut dilater l'air
que des deux tiers de son volume;
celui qui sort d'une arquebuse à vent,
& qui s'étend bien davantage, ne
chasse pourtant point une balle de
plomb à beaucoup près avec autant
de force qu'en a cette même balle
quand elle sort d'un fusil ordinaire.

Je fais bien que M. Bernouilli, cité par M. Varignon *, ayant mis le feu avec un verre ardent à quatre grains de poudre, renfermés dans un long tuyau de verre scellé par en haut, ouvert & plongé par en bas dans un vase plein d'eau, jugea par l'abaissement de l'eau dans le tuyau, que cette poudre brûlée avoit rendu un volume d'air égal à 200 de ces grains qu'il avoit enflammés; & je conviens que cette induction, s'il n'y a rien à en rabattre, donne beaucoup de force à l'opinion de ceux qui attribuent à l'air seul les grands effets de la poudre. Mais comment accorder cette expérience avec celles de M. Halles*, d'où il conclut avec toutes les apparences de vérité, que les matieres sulphureuses que l'on brûle *absorbent de l'air, bien loin d'en engendrer*, pour me servir des expressions de ce célèbre Auteur? N'est-on pas tenté de croire que dans le tube de M. Bernouilli, il reste après l'inflammation quelque vapeur qui augmente un peu le volume de l'air, avec lequel elle se mêle, & qui fait baisser la surface de l'eau?

Quoi qu'il en soit, une des princi-

Q q iiij

XIV.

LEÇON.

* Mémoires de l'Académie des Sciences, 1796, tome 2, page 274.

* Star. des Régén. c. 6.

pales causes des effets de la poudre ,
 à mon avis , c'est la prompte conver-
 sion en vapeur , & la dilatation de
 cette même vapeur , par l'embrâse-
 ment ; plus ce changement d'état est
 prompt & complet , plus l'explosion
 est forte : le mélange que nous avons
 vu fulminer dans la dernière expé-
 rience , feroit probablement autant
 d'effort que la poudre , si dans le mo-
 ment qu'il éclate , il se trouvoit ren-
 fermé comme elle au fond d'un ca-
 non de métal ; & la poudre feroit en
 plein air autant de bruit que cette
 composition , si son inflammation
 étoit instantanée & générale comme
 la sienne : mais il est visible que les
 grains ne s'allument que successive-
 ment , & par-là leur effort est partagé.
 Dans une arme à feu , où la poudre
 est retenue entre la culasse & la bour-
 re , il s'en allume davantage dans un
 temps fort court ; aussi éclate-t-elle avec
 plus de force & avec plus de bruit.
 Comme il faut à la poudre un peu plus
 de temps pour sortir d'un long tuyau
 que d'un plus court , il s'en enflamme
 davantage , (toutes choses égales d'ail-
 leurs) dans une pièce de canon que

dans un mortier, dans un fusil, que dans un pistolet; aussi la même mesure de poudre a-t-elle plus ou moins d'effet tant pour la force, que pour le bruit, selon la longueur de l'arme qui en est chargée.

Puisque l'inflammation de la poudre est plus complète, quand sa sortie est retardée, il est facile de comprendre pourquoi un coup de mousquet fait plus de bruit, & cause plus de recul, quand la charge a été excessivement bourrée, ou qu'une balle de calibre a été forcée dans le canon à coup de baguette; car il s'enflamme alors une plus grande quantité de poudre, ainsi l'explosion doit être plus grande; & comme l'effort de cette matière enflammée se partage entre la bourre & la culasse, celle-ci doit en soutenir d'autant plus que l'autre cède moins promptement.

Il s'enflamme encore une plus grande quantité de poudre lorsque la lumière du canon est percée; de façon qu'elle porte le feu à la partie antérieure de la charge; mais les armes alors ont trop de recul & sont incommodes dans l'usage; on aime mieux

464 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV.

LEÇON.

que le coup soit un peu moins fort, & pour cet effet, on perce la lumière des fusils de chasse, à peu-près au milieu de l'endroit où se loge la poudre.

Mais de quelque maniere que l'on charge une pièce de canon ou un fusil, il y a toujours une partie assez considérable de la poudre qui ne prend point feu, & qui est chassée dehors, par celle qui s'enflamme : ce qui le prouve bien, c'est qu'on en ramasse par terre devant les batteries qui ont tiré un certain temps, & que les grains se retrouvent entiers dans la peau des personnes qui ont reçu de fort près des coups de feu dans le visage. Cependant on auroit tort de conclure de-là, qu'il ne peut s'enflammer qu'une certaine quantité de poudre dans une arme, & que ce qu'on y auroit mis de trop en sortiroit sans effet : cette conséquence qui seroit très-dangereuse dans la pratique, est souvent démentie par des fusils qui crevent pour avoir été trop chargés ; & l'on est dans l'usage d'éprouver les canons en y mettant double charge, ce qui suppose, comme il est vrai, que d'une plus grande quan

tité de poudre il s'en enflamme d'avantage. Ce seroit aussi une économie mal entendue, que de mesurer la poudre qui entre dans une piece d'artillerie, sur l'estimation de la quantité qui s'enflamme ordinairement ; car jamais tout ne prend feu, d'où il suit que le coup sera trop foible, si la charge ne contient que ce qu'il faudroit si elle s'enflammoit totalement.

XIV.

LEÇON

VIII. EXPERIENCE.

PRÉPARATION.

Choisissez une chandelle de suif de 7 à 8 lignes de diametre, & qui ait déjà été allumée. Mesurez-en la longueur, & après l'avoir allumée de nouveau, la meche étant mouchée, examinez-en la flamme dans un lieu où l'air soit bien tranquille pendant la nuit, où les fenêtrés de la chambre étant fermées, vous observerez ce qui suit.

EFFETS.

1°. Le haut de la chandelle se creuse un peu, & prend la forme d'un petit godet, dont la surface intérieure pa-

roît couverte d'une couche légère de suif fondu.

XIV.

LEÇON.

2°. Du milieu de cette cavité s'élève la meche où l'on distingue deux parties, dont une blanche, & une noire : l'une & l'autre sont baignées de suif fondu, mais dans la dernière qui est la plus haute, on remarque plusieurs petits bouillonnements, surtout à l'extrémité.

3°. La partie noire de la meche est enveloppée d'une flamme qui s'élève d'un pouce ou environ au-dessus, & qui prend la forme d'une pyramide à peu près conique, dont la base seroit posée sur celle d'un hémisphère.

4°. Cet hémisphère de flamme, qu'il faut considérer comme étant enfilé par la meche, a la couleur d'un bleu violet : la partie qui est immédiatement au-dessus, est d'un blanc un peu roux, & celle qui la suit jusqu'à la pointe est très-claire & très-brillante.

5°. Mais indépendamment de ces trois parties qu'on peut appeler le corps de la flamme, l'œil attentif aperçoit encore tout autour une petite vapeur enflammée, tantôt plus, tan-

tôt moins étendue, & qui ternit un peu le sommet de la pyramide.

6°. Quand la chandelle a brûlé ainsi pendant un quart-d'heure ou davantage, on trouve que sa longueur est sensiblement diminuée. La partie noire de la meche devient plus longue, & la flamme moins lumineuse.

XIV.

Exp. on.

EXPLICATIONS.

On me reprocheroit peut-être d'avoir traité sayamment des minuties, si l'on ne vouloit considérer dans les faits dont je viens de faire mention, que le peu de nécessité qu'il y a de les faire connoître, ou même le peu d'importance dont ils sont en eux-mêmes; mais ces especes de phénomènes, qui n'en sont pas aux yeux du vulgaire accoutumé à les voir, méritent bien l'attention de ceux qui cherchent à se rendre raison de tous les effets naturels, rares ou communs, dont la cause est obscure. Et si, pour entrer dans cet examen, je me suis fixé à l'exemple familier d'une chandelle qui brûle, la moindre réflexion fera voir, qu'en expliquant l'inflammation & la dissipation d'un peu de co-

XIV. ton pénétré de suif, je mets mon Lecteur à portée d'entendre celles de toutes les matieres combustibles qui disparoissent à nos yeux après avoir servi d'aliment au feu.

Leçon.

Lorsqu'on a mis le feu aux fils de coton qui servent de meche à la chandelle, la chaleur qui en résulte fait fondre les premieres couches de suif & les convertit en une liqueur qui se porte, par deux raisons, vers la flamme qui est au-dessus ; premièrement, parce que les fils de coton assemblés & un peu tords, font l'office de tuyaux capillaires ou d'éponge ; secondement, l'air étant fort raréfié par le feu dans la partie supérieure de la meche, la pression de celui qui pese au-dessous peut bien faire monter ce qui s'y trouve de liquide.

L'extrémité de la chandelle étant un cercle de matiere fusible, & la chaleur qui regne dans la meche allumée étant plus près du centre que de la circonférence, il se fait une espee d'excavation, au fond de laquelle se rassemble le suif à mesure qu'il se fond.

Du suif simplement fondu est en-

core bien loin du degré de chaleur qu'il lui faut pour bouillir & s'enflammer; il ne peut s'enflammer que quand il est suffisamment éloigné de la chandelle qui est froide; & voilà pourquoi il y a toujours une partie de la meche qui reste blanche, qui ne s'allume pas, quoiqu'elle soit pleine d'une matiere combustible.

Le suif ayant acquis une chaleur suffisante, bout enfin dans la partie supérieure de la meche; & comme le bouillonnement des liqueurs touche de fort près à leur évaporation, cette matiere se convertit en vapeur & se dissipe: c'est pourquoi après un certain temps la chandelle paroît sensiblement diminuée, & de poids & de longueur.

Quand des parties grasses sont ainsi divisées & réduites en vapeur, il ne leur manque plus qu'un petit degré de feu pour s'enflammer, comme on le peut voir en approchant une chandelle allumée d'une autre chandelle qu'on vient d'éteindre. *Fig. 20.* Quant à l'inflammation qui continue de faire briller la vapeur, je crois qu'elle vient du feu qui se développe des parties

470 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. mêmes de la matiere évaporée, &
LEÇON. qui éclate avec d'autant plus de force
qu'il a eu besoin d'être excité plus
fortement pour en sortir.

Si tout ce qui compose une chandelle & sa meche étoit également combustible, & que toutes les parties qui s'exhalent en vapeurs fussent au degré de chaleur qu'il faut pour les embrâser, la flamme seroit toute d'une même couleur, elle seroit également brillante dans toutes ses parties : mais les matieres les plus inflammables sont toujours mêlées de quelqu'autre substance qui ne l'est point, ou qui l'est moins. Le suif & la meche que l'on fait brûler, par exemple, outre la partie purement combustible qui fournit une flamme brillante & pure, contiennent des particules aqueuses, & d'autres encore plus grossieres qui ne peuvent produire de la fumée ou du charbon; de-là viennent la noirceur de la meche, cette couleur rousse qu'on remarque à la pointe de la flamme, & un peu au-dessous du milieu. Ces fuliginosités peuvent encore légitimement s'attribuer aux parties grasses

mêmes qui surabondent dans la flamme, & qui n'y font que passer sans s'y allumer, soit parce qu'elles n'ont point acquis un degré suffisant de chaleur, soit parce qu'elles ne sont pas atténuées au point où elles doivent l'être pour prendre feu.

XIV.
LEÇON.

Quant à la couleur bleue ou violette que prend la flamme de la chandelle dans la partie la plus basse, on peut l'attribuer au soufre qui se consume, soit que ce soufre se trouve naturellement dans le suif & dans le coton, soit qu'il s'y compose par l'union de quelque acide avec la partie grasse.

La flamme d'une chandelle est donc un fluide embrasé & lumineux; qui tend à s'étendre & à se dissiper; comme sa tendance n'est pas déterminée vers un point plutôt que vers l'autre, nous devons croire qu'il prendroit de lui-même une figure sphérique, ou à peu près, si des causes extrêmes ne l'obligeoient à suivre une certaine direction, & ne changeroient l'arrangement naturel de ses parties. Cette vapeur ardente est plongée dans l'air, autre fluide plus pesant qu'elle; selon

 XIV.
 LEÇON.

les loix de l'hydrostatique, elle doit se porter de bas en haut, comme elle fait, par sa légèreté respective; de sorte que si la vapeur embrasée & détachée de la meche n'étoit pas suivie sans interruption par d'autres portions de vapeur semblables, on ne verroit qu'une petite flamme, presque arrondie de toutes parts, s'élever environ à la hauteur d'un pouce, & s'éteindre presque aussi-tôt. Mais comme l'écoulement & l'embrasement sont continuels, on devroit voir la flamme sous la forme d'un cylindre, terminé en haut par une convexité, & nous pouvons présumer qu'elle auroit effectivement cette figure, & non celle d'une pyramide à peu près conique, qu'on lui voit presque toujours, sans une autre cause dont je vais faire mention.

L'étendue de la vapeur qui s'exhale autour & par l'extrémité de la meche, n'est pas bornée à ce que nous voyons de lumineux, & que nous appellons la flamme. Elle va plus loin, & par le haut sur-tout, on s'en apperçoit à plusieurs poudes de distance. Pourquoi donc cette vapeur
 une

une fois allumée ne conserve-t-elle pas son inflammation & sa lumière autant qu'elle a d'étendue? c'est qu'à mesure qu'elle s'étend, elle devient plus rare, & par-là plus susceptible d'être refroidie & éteinte par l'air qui l'environne, de sorte qu'il n'y a que le noyau, pour ainsi dire, la partie la plus dense qui résiste à ce refroidissement, & qui conserve assez de chaleur, pour rester enflammée & pour luire. Deux expériences peuvent servir à prouver ceci. 1^o. Si l'on approche deux chandelles allumées l'une de l'autre, de manière qu'il n'y ait que quelques lignes de distance entre les deux flammes; on apperçoit entr'elles une petite vapeur enflammée, *Fig. 21.* qui, selon toute apparence, n'est autre chose que la portion éteinte qui reprend feu par le nouveau degré de chaleur, que les deux flammes, en s'approchant, font naître dans l'espace qui les sépare; & cela est d'autant plus vraisemblable, que les deux flammes alors s'allongent considérablement. 2^o. Que l'on reçoive la flamme d'une grosse chandelle dans un tuyau de verre mince qui ait 7 à 8 lignes de

XIV.

LEÇON.

XIV.
LEÇON.

diamètre, & environ quatre pouces de longueur, *Fig. 22.* on la voit auſſiôt ſ'allonger conſidérablement, ayant preſque autant de volume en haut qu'en bas; apparemment, parce que gardant mieux ſa chaleur dans ce tuyau qui ſ'échauffe lui-même, que dans l'air qui ſe renouvelle continuellement, les parties enflammées demeurent plus long-temps dans cet état.

Il paroît donc certain que le volume de la flamme eſt reſtraint & diminué par le refroidiſſement que lui cauſe l'air ambiant. Mais comme cette flamme eſt un véritable écoulement, un fluide qui partant de la meche ſ'avance de bas en haut, dans un autre fluide qui le refroidit, & qui en éteint toujours des portions, il eſt comme évident que la partie inférieure, celle qui ſ'enflamme actuellement, doit être plus groſſe que les autres qui ſont au-deſſus, qui ont déjà ſouffert des refroidiſſements, des extinctions. On doit convenir auſſi que la flamme doit diminuer de groſſeur de plus en plus à meſure qu'elle monte, puisqu'en montant elle fait toujours de nouvelles pertes. Repré-





Prenez-vous un cylindre posé verticalement, dont on retrécit de plus en plus le diamètre depuis la base jusqu'en haut; que doit-il rester après ces retranchements, sinon une pyramide conique, ou une figure telle que nous la présente la flamme d'une chandelle?

XIV.
LEÇON.

Si vous ajoutez encore au refroidissement causé par l'air, un frottement que doit éprouver un fluide qui en pénètre un autre, vous concevrez aisément que, si celui qui se meut, devoit être selon l'origine de son écoulement un jet cylindrique, il s'amineroit & devient pyramidal par les ralentissements successifs que souffrent les parties de sa surface, de la part du fluide ambiant; telle est la figure que nous représente l'eau qui traverse l'air, après être sortie d'un vaisseau, dont le fond est percé d'un trou rond, *Fig. 23*. Rien n'empêche de penser que la flamme éprouve de pareils frottements, en s'élevant dans l'air, & que cette cause concourt, & ajoute à l'effet dont il est ici question.

Enfin la partie noire de la meche devient plus longue, parce que le feu

XIV. suit l'abaissement du bout de la chandelle qui s'use, en lui fournissant son aliment, & la lumière devient terne, parce que le fluide lumineux est alors interrompu par un gros charbon noir qui ralentit son activité.

APPLICATIONS.

On appelle communément *matieres combustibles* ou *inflammables* toutes celles que le feu détruit, après les avoir fait briller sous la forme de flamme ou de charbons ardents; telles sont la plupart des substances végétales, animales, & une partie des fossiles : mais comme presque tous les corps que l'on fait brûler, ne se consomment point entièrement, & qu'outre la fumée qui ne disparoît pas aussi-tôt que la flamme, il reste encore des parties fixes qu'on nomme *cendres*, & sur lesquelles il semble que le feu n'ait plus aucun pouvoir; on a considéré tous les mixtes qui peuvent s'allumer, comme renfermant en eux une certaine matière, seule capable de prendre feu & d'entretenir l'inflammation, & que l'on a nommée pour cette raison *aliment du feu*, *pabulum ignis*. Boerhaave, & avec

Jui plusieurs habiles Physiciens attribuent cette propriété à l'huile, qui entre comme principe dans presque tous les mixtes ; & sur-tout dans ceux du regne végétal & du regne animal ; de sorte qu'un corps est plus ou moins combustible, selon que la dose de ce principe y est plus ou moins grande ; c'est pour cela, dit-on, que les matieres grasses ou huileuses s'allument plus facilement que les autres, & se brûlent d'une maniere plus complete.

XIV.

LIÇON

On ne peut nier que cette doctrine ne s'accorde fort bien avec ce que nous voyons tous les jours : mais en recevant cette vérité, devons-nous y mettre la précision avec laquelle il semble qu'on nous l'offre ? L'huile légère & volatile est-elle la seule matiere vraiment inflammable ? les autres principes auxquels elle est unie, ne le seroient-ils pas aussi par un degré de feu plus considerable que celui qui suffit pour elle ? L'idée que je me suis faite de l'état naturel du feu dans les corps, me détermine pour l'affirmative ; & pour justifier mon opinion, qui paroîtra peut-être un peu singuliere, il faut que je résume ici en peu

XIV. de mots ce que j'ai déjà inféré en plusieurs endroits de cette Leçon, & de la précédente.

Je pense comme la plupart des Physiciens d'aujourd'hui, qu'il y a du feu par-tout & en tout : que cet élément occupe les vuides que laissent entr'elles les molécules d'un corps solide ou fluide, & qu'il les distend plus ou moins, selon le degré actuel de son activité. Outre ce feu, qu'on peut regarder comme ambiant par rapport aux petites masses, qui composent un corps, je crois encore que la plus petite portion de matière, de quelque espèce qu'elle soit, (j'en excepte seulement les atômes, s'il y en a,) renferme au dedans d'elle-même un peu de ce même feu, qui ne peut se mettre en liberté, se déployer, & brûler, qu'après avoir rompu son enveloppe, mais qui ne la rompra & n'en dissipera les parties, qu'après qu'il aura reçu un degré de force proportionné & supérieur à la résistance des liens qui le retiennent. Or comme les parties de la matière sont plus ou moins difficiles à désunir suivant l'espèce, dans un mixte qu'on fait brûler, les molécules d'un

certain ordre pourront céder à la puissance interne, qui tend à les dissiper, parce que le degré de feu qui regne actuellement dans la masse totale, suffit pour occasionner cet effort victorieux, tandis que d'autres résisteront, non qu'ils ne renferment aussi une pareille cause de désunion, mais seulement parce que cette cause n'a pas reçu du feu qui agit au dehors, une intensité suffisante, pour avoir son effet.

Ainsi tout est inflammable en ce sens: le charbon qui reste simplement rouge lorsqu'il est allumé, demeure en cet état, parce que de couche en couche, le feu renfermé dans les molécules de la superficie, se développe lentement, & ne fait que dissoudre des parties qui ont peine à se quitter, & qui lui résistent bien autrement que celles qui se sont d'abord évaporées en flamme & en fumée; le sel même & la terre qui font la cendre de ce charbon brûlé, & qui se présentent presque toujours sous la forme & la couleur d'une poudre grise, rougiront aussi comme le charbon; si l'on y applique un degré de feu qui anime suffisamment celui qui est retenu dans

XIV.

LÉÇON

XIV.
LEÇON.

ces parties fixes, & qui le fasse briller à travers de ses enveloppes. Disons plus, je suis persuadé que l'eau même deviendrait ardente & brillante de lumière, si les parties élémentaires qui composent ses molécules, & que je suppose aussi renfermer entr'elles une petite portion de feu, pouvoient se désunir avec autant de facilité, que les molécules mêmes en ont à quitter la masse pour s'évaporer.

Quoi, dira-t-on, l'eau est aussi l'aliment du feu ?

Ne disputons point sur des mots : si l'on entend, par aliment du feu, ce qui s'enflamme le plus aisément, ce qu'il y a de plus propre à entretenir ou à augmenter ces embrâsements dont nous faisons ordinairement usage dans nos cuisines, ou pendant la nuit pour nous éclairer ; certainement les matières grasses, spiritueuses, sulphureuses, ce qui en contient une grande quantité, méritent ce nom par préférence à tout : mais si l'on attache à cette expression une idée plus étendue, qu'on appelle aliment du feu, une matière que cet élément puisse dissoudre, une matière que l'action du feu puisse faire paroître

paroître toute embrâsée; une matiere enfin dont une plus grande quantité fasse un plus grand feu, quand toutes ses parties sont animées du même degré de chaleur: j'avoue que je ne connois point de corps à qui je me croye en droit de refuser ce nom. Un grain de sable & une petite goutte d'huile contenant l'un & l'autre une portion de feu, je crois voir clairement que cette cause interne opérera la dissolution de ces deux petits êtres, quand elle aura acquis assez de force pour vaincre la ténacité de leurs parties; avec cette différence seulement, que l'huile cédant plus aisément, se dissipera en une vapeur lumineuse; au lieu que le sable plus fixe s'entr'ouvrira, pour laisser briller au-dehors le feu qu'il renferme, & se divisera en une infinité de parties qui ne se dissiperont point.

La couleur de la flamme varie suivant les différentes matieres que l'on brûle; l'esprit-de-vin pur, & en général celui que l'on tire de tous les végétaux, donne une flamme légère & d'un blanc brillant; celle de l'huile & de la graisse est un peu jaune, & celle du soufre est bleue; quand on allume

XIV.
LEÇON.

XIV.
LEÇON. un corps mixte qui contient de toutes ces matieres, la flamme qui s'en éleve, doit participer plus ou moins de toutes ces nuances qui se combinent encore avec des traits de vapeur noire ou de fumée; en voilà assez pour rendre raison de toutes ces couleurs qu'on observe dans la flamme d'un fagot ou d'une bûche allumée.

A l'occasion de l'expérience rapportée ci-dessus de la flamme d'une chandelle qui remplit presque entièrement un tube de 3 ou 4 pouces, je remarquerai que le feu qu'on fait dans l'âtre d'une cheminée, ne devient dangereux que quand la flamme s'éleve assez pour entrer dans le tuyau : car alors il ne faut plus estimer sa hauteur, suivant celle qu'elle auroit hors de cette circonstance; il faut penser qu'elle s'allonge considérablement par les raisons que j'ai dites, & qu'elle est à portée d'allumer la suie jusqu'à une très-grande distance.

Quand on entretient une lampe avec de l'esprit-de-vin bien déflegmé, la mèche, si elle est de coton, ne se convertit point en charbon noir, comme celle d'une chandelle, ou d'une lampe d'hui-

le, parce que la flamme est trop légère & trop évaporable; aussi n'est-il pas nécessaire qu'une meche brûle, pourvu qu'elle soit toujours imbibée de la matière qui doit entretenir la flamme; on voit par-tout des réchauds à esprit-de-vin, dont les meches sont faites de petites lames d'argent liées en faisceaux, & un peu éparpillées par le haut.

XIV.

LEÇON.

Les meches trop longues ou trop lâches font fumer les lampes, parce qu'elles fournissent au feu plus de matière qu'il n'en peut consommer; le superflu ne s'allume point, & s'exhale en fumée noire: les meches trop serrées ne pompent point assez de matières, la flamme languit, & celles qui sont trop courtes, portent au feu le suif & l'huile, avant qu'ils aient assez de chaleur; elles ne peuvent réussir qu'avec l'esprit-de-vin, qui s'enflamme, lorsqu'il n'est encore que médiocrement chaud.

L'expérience de la chandelle nouvellement éteinte, qu'on rallume par sa vapeur, me donne lieu d'avertir qu'il est très-dangereux d'approcher avec une bougie allumée, ou avec toute autre flamme, d'une matière grasse,

484 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. résineuse, ou spiritueuse, qui est fort chaude, & qui fume; le feu pourroit y prendre de fort loin, & causer bien du désordre; on ne voit que trop souvent des accidents de cette espece, sur-tout depuis que la fabrique & l'emploi des vernis sont devenus la profession, ou l'amusement d'un grand nombre de personnes.

Mais que deviennent enfin tant de matieres que l'inflammation dissipe & fait disparoître tous les jours à nos yeux, après les y avoir fait briller pendant quelques instants?

Comme rien ne s'anéantit, & que les especes ne s'épuisent point, malgré la consommation qui s'en fait tous les jours, nous devons croire que tous ces corps divisés & décomposés par l'action du feu, au point de n'être plus rien de ce qu'ils étoient, quant à la forme sensible, se dispersent dans l'atmosphère, comme dans un grand réservoir, où la nature reprend, selon ses besoins, & selon ses vues, tous ces matériaux, pour les employer à de nouvelles productions,



IV. SECTION.

XIV.
LEÇON.

*Des principaux moyens d'augmenter
& de diminuer l'action du Feu.*

IL est ici question du feu usuel, c'est-à-dire, de celui dont nous faisons communément usage, de l'embrâsement d'une matiere qui se dissipe en flamme & en fumée, & dont il ne reste que la cendre ou rien après l'inflammation; tel est un feu de bois, de charbons, d'huile, d'esprit-de-vin, &c. Quant aux rayons du soleil, en faisant voir dans la Leçon précédente, qu'ils sont un vrai feu, j'en ai dit assez pour faire comprendre que la chaleur qu'ils font naître, doit augmenter à mesure qu'ils se rassemblent en plus grand nombre sur un même endroit; ce qui dépend de la multiplication, de la grandeur, ou de la perfection des instruments qui les font coïncider.

J'observerai seulement à l'égard des rayons rassemblés par les miroirs de dioptrique, ou de catoptrique, que l'intensité de leur action ne croît pas

S f iij

486 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV.
LEÇON.

* 13^e Leçon,
Fig. 10. &
1.

seulement en raison de la densité qu'ils acquierent en s'approchant de leur foyer commun, mais encore selon quelque autre progression que l'on ne connoît pas bien; de sorte que si l'on divisoit, par exemple, en parties égales l'axe du cône lumineux, dont la base est appuyée au miroir*, le même corps placé successivement à toutes ces divisions, n'y prendroit pas des degrés de chaleur toujours proportionnels au nombre des rayons que son degré de distance lui feroit recevoir: on fera fondre au foyer ou fort près du foyer, un morceau de métal qui ne s'échaufferoit que médiocrement, s'il étoit porté un peu plus loin, où le nombre des rayons qui frapperoient sa surface, ne seroit pourtant pas considérablement diminué; il semble que les rayons en se serrant réciproquement, prennent une nouvelle force, indépendamment de celle qui résulte de leur plus grand nombre.

Nous connoissons principalement trois manieres par lesquelles on parvient à augmenter l'action & les effets d'un même feu, je veux dire, d'un feu entretenu avec la même matiere.

1°. En augmentant la quantité de cette matière, qui lui sert d'aliment; 2°. en concentrant son action, ou en empêchant qu'elle ne s'étende, & ne se dissipe dans un trop grand espace; 3°. en dirigeant vers un même endroit cette action, ou les parties embrasées qui s'exhalent.

XIV.
LEÇON.

La première manière d'augmenter le feu, est tellement usitée & connue, que je ne crois pas devoir m'y arrêter; on fait qu'une botte de paille étant une fois allumée, si l'on y en ajoute une deuxième, une troisième ou davantage, le feu s'augmente, & la chaleur s'étend à proportion; cependant il faut faire attention qu'une matière, quoique choisie dans l'ordre de celles qu'on nomme communément combustibles, ne prend pas toujours feu, & n'augmente pas un embrasement commencé, à moins que le feu auquel on l'ajoute, ne soit proportionné à son volume, & à son degré d'inflammabilité: inutilement amasseroit-on de très-grosses bûches autour d'un très-petit feu de paille, elles n'en seroient que noircies; & nous avons déjà remarqué qu'une mo-

XIV.

LEÇON.

che de coton enveloppée par la flamme de l'esprit-de-vin, se conserve toute entiere. C'est qu'il y a des flammes plus chaudes, plus actives les unes que les autres; & pour les entretenir, il faut des matieres, dont le degré d'inflammabilité leur convienne: ce degré d'inflammabilité dépend non-seulement de la nature du corps combustible, mais encore de son volume & de sa densité. Le bois par lui même est inflammable au point de pouvoir s'allumer par de la paille qui brûle; mais si ce bois est en grosses bûches, il faudroit y appliquer un feu de cette espece pendant bien du temps pour l'entamer; car un corps ne s'embrâse qu'après avoir reçu un certain degré de chaleur; & si la superficie exposée à une foible flamme, s'entretient froide par la quantité de la masse, il n'en résultera tout au plus qu'une inflammation légère & superficielle.

Ce que je viens d'observer, suffit pour rendre raison de l'extinction d'une bougie ou d'une chandelle, que l'on tient un moment renversée, ou que l'on plonge dans une liqueur inflammable, mais froide; de l'extinc-

EXPÉRIMENTALE. 489

tion du bois verd médiocrement al-
lumé, dont on ne soutient pas l'em-
brâsement par d'autres plus secs; dans
l'un & dans l'autre cas le feu ne man-
que point d'aliment; mais dans le pre-
mier, cet aliment n'a pas le temps de
s'échauffer assez; & dans le second il
ne le peut pas, à cause de l'humidité
qu'il renferme.

Je passe à la seconde maniere d'aug-
menter l'action du feu, & j'entreprends
de faire voir qu'une même flamme,
ou un même brâsier chauffe beaucoup
plus, quand sa chaleur est retenue par
des obstacles qui l'empêchent de s'é-
tendre, que quand on la laisse libre de
se répandre au loin & d'une maniere
vague.

PREMIERE EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

AA, Fig. 24, est un vaisseau à peu-
près cylindrique de tôle ou de lai-
ton, ouvert de toute sa largeur par
en haut & en bas, par une petite ar-
cade de 2 pouces $\frac{1}{2}$ de haut sur 2 pou-
ces $\frac{1}{4}$ de large; outre cela il est encore
percé de trois autres trous beaucoup

XIV.
LEÇON.

490 LEÇONS DE PHYSIQUE

plus petits que le précédent, également espacés sur la rondeur du vaisseau, & tous trois à la hauteur du sommet de l'arcade.

XIV.

LEÇON.

Ce premier vaisseau reçoit successivement deux especes de capsules, ou cuvettes de métal, qui s'y enfoncent à peu-près jusqu'au tiers de sa hauteur; dans l'une des deux on met de l'eau, & dans l'autre du sable bien sec.

On fait passer par l'arcade le canal d'une lampe à trois meches que l'on allume, & que l'on tient un peu courtes, & en forme de pinceaux, afin qu'elles ne fument point; le réservoir *B* de cette lampe contient de l'huile d'olives.

E F F E T S.

La capsule pleine d'eau ayant reçu pendant une demi-heure la chaleur de la lampe, si l'on y plonge un thermometre, on s'apperçoit par l'ascension de la liqueur dans le tube, que le degré de chaleur n'est pas fort éloigné de celui de l'eau bouillante.

La cuvette qui contient le sablon, ayant été exposée un pareil temps au feu de lampe, on voit en y plon-

geant un thermometre de mercure, que le degré de chaleur est plus grand que celui de l'eau précédemment éprouvée.

XIV.
LEÇON.

EXPLICATIONS.

Tout le monde conviendra volontiers que l'eau & le sable ne se fussent jamais autant échauffés, si l'on se fût contenté de les tenir simplement à 6 pouces au-dessous de trois petites flammes semblables à celles de notre Expérience; il n'est pas douteux que ce grand degré de chaleur que l'une & l'autre ont reçu, ne soit dû principalement au soin qu'on a pris de renfermer ce petit feu dans le vaisseau cylindrique, qui portoit la capsule; & je vais tâcher d'en exposer les raisons.

Le feu, en vertu de sa force expansive, tend à s'étendre de tous côtés, il détermine de même toutes les parties des corps qu'il désunit, & qui s'exhalent avec lui; ainsi les trois petites meches de la lampe, qui brûlent ensemble, doivent être considérées comme le centre d'une sphere d'activité, dont les rayons vont frapper les parois du vaisseau *AA*, mais à cause de la

XIV.
LEÇON.

forme de ce vaisseau, les rayons de feu ou de chaleur sont réfléchis vers l'axe de l'espace cylindrique qui les renferme, & leur action se trouvant comme concentrée, en agit avec d'autant plus de force sur tout ce qui l'environne; de-là il arrive que les parois du vaisseau & la cuvette qui le couvre, s'échauffent considérablement.

Cette concentration de chaleur ne dépend pas beaucoup de la figure du vaisseau; on auroit à peu près le même effet, quand il seroit quarré: elle vient principalement de ce qu'on oppose un obstacle aux rayons qui tendent à se dissiper, en se prolongeant; & qui se dissipent en effet, quand on leur en laisse la liberté, comme l'expérience l'apprend.

La cuvette avec ce qu'elle contient, s'échauffe plus lentement, mais davantage que les parois du vaisseau, parce qu'elle oppose plus de matieres à pénétrer, & que l'action du feu continuée augmente, comme je l'ai déjà fait entendre, à proportion des résistances qu'elle a à vaincre.

C'est par cette dernière raison que le sable s'est échauffé plus que l'eau;

car le feu qu'il renferme, étant plus lent à se mettre en action, en devient d'autant plus fort, quand ce qui le retient vient à céder.

XIV.

LEÇON.

APPLICATIONS.

La Chymie, cet art merveilleux, qui fait approfondir les secrets de la nature, en décomposant ses ouvrages, emploie dans presque toutes ses opérations un feu dont l'action est réglée par des fourneaux; & ces fourneaux ne sont autre chose que des vaisseaux différents entr'eux par la matiere dont ils sont faits, par leur grandeur, par leur forme, mais qui se ressemblent en ce qu'ils renferment une certaine quantité de matiere embrâsée, dont ils retiennent la chaleur, pour l'obliger d'agir sur quelque substance qu'on veut chauffer intimement. C'est dans un traité de Chymie qu'on doit chercher la construction & les usages de ces sortes d'instruments, le choix des matieres qu'on y doit brûler, & les regles qu'il faut suivre, pour obtenir tel ou tel degré de feu relativement aux différentes vues qu'on s'est proposées. Je me garderai bien d'entrer dans ce dé-

XIV. **LEÇON.** tail, qui m'écarteroit trop de mon sujet ; mais je crois faire plaisir au Lecteur, en lui faisant connoître un fourneau qui peut se placer par-tout, sans causer d'incommodité, qui exige peu de soin, peu de dépense, & peu de savoir, & avec lequel cependant on peut faire en petit beaucoup d'opérations agréables & utiles.

Le corps de ce fourneau, qui a environ 9 pouces de hauteur sur 6 à 7 pouces de diamètre au plus large, est tout-à-fait semblable par sa figure au vaisseau * *Fig. 24.* *AA* * de notre dernière expérience ; il renferme, comme lui, le feu d'une lampe à trois meches, dont le réservoir est rempli d'huile d'olives à bas prix ; on allume toutes ces meches, ou seulement une partie selon le degré de feu qu'on veut avoir ; & si l'on prend soin qu'elles soient courtes, convenablement ferrées dans les petits tuyaux par lesquels elles passent pour atteindre l'huile, & que le bout qui brûle, ait la forme d'un pinceau qui a perdu sa pointe, elles pourront brûler pendant cinq ou six heures, & même davantage, sans fumer, & sans faire sentir aucune mauvaise odeur.

Le fourneau ainsi allumé reçoit une espèce de bouilloire de fer-blanc, *fig. 25*, que l'on emplit d'eau bouillante par l'orifice *C*, dans laquelle est plongée & arrêtée une cucurbite d'étain *D*. Au col de cette cucurbite on joint un chapiteau de verre, ou de métal *E*, que l'on couvre d'un réfrigérant *F*, garni d'un petit robinet, pour faciliter le renouvellement de l'eau qu'on y met. On adapte ensuite au bec du chapiteau un petit matras, dont on fait porter la boule sur un support qui se hausse & se baisse à volonté, comme on le peut voir par la *fig. 26*, qui représente toutes ces pièces ensemble.

Au lieu de la cucurbite au bain-marie, dont je viens de parler, on peut ajuster au fourneau un bain de sable, *fig. 27*, dans lequel on place une cucurbite de verre avec son chapiteau *G*, &c. ou bien une cornue *H*, que l'on couvre encore de sable; & d'un couvercle un peu formé en dôme, qui sert comme de réverbère. Voyez les *fig. 28 & 29*.

Avec un fourneau de cette espèce on peut mettre à profit la lumière que

XIV.

LEÇON.

bien des gens font garder pendant la nuit dans leur appartement ; il ne s'agit que de substituer aux lampes ou aux bougies qu'on emploie communément à cet usage , celle dont je viens de faire mention , l'huile que l'on brûle presque toujours en pure perte , servira à faire aller le petit fourneau , & le lendemain au matin on en trouvera le produit.

Le bain de sable est commode pour entretenir chaud le bouillon ou la boisson d'un malade , le café , le thé , & autres potions ; pour tenir en digestion certaines drogues qu'on doit prendre par forme de remède ou autrement , pour faire des évaporations lentes , &c.

Enfin , rien n'est plus commode que cet instrument , pour faire des essais de distillations , & pour extraire l'huile essentielle des plantes aromatiques. On met dans la cucurbitè du bain-marie , par exemple , une poignée de fleurs de lavande avec une pinte d'eau-de-vie , on la couvre de son chapiteau & du réfrigérant qu'on remplit d'eau fraîche : deux mèches allumées , ou trois , si l'on veut aller





aller plus vite, font distiller environ **=====**
 une chopine d'un esprit-de-vin fort **XIV.**
 chargé d'odeur, & qui ne sent point **LEÇON.**
 le feu.

On doit se servir de la cucurbite au bain de sable pour des matieres plus pesantes ou qui seroient capables de gâter la cucurbite d'étain, comme le vinaigre, la térébenthine, &c.

La cornue au bain de sable, avec le réverbere & trois meches allumées, servira pour distiller des matieres encore plus pesantes, comme le mercure, s'il étoit question de le bien purifier; ou pour distiller l'eau-forte citrine qui enflamme les huiles essentielles des plantes, c'est une distillation de salpêtre fin, bien séché & mêlé avec l'huile de vitriol.

Le forgeron jette de l'eau par aspersion sur le charbon de terre, dont il entretient le feu de sa forge, quand il s'apperçoit qu'il brûle un peu trop à la superficie; par ce moyen, dont l'expérience lui a fait connoître l'utilité, il forme une espece de voûte toujours éteinte, sous laquelle, comme dans un fourneau de réverbere, le feu se concentre & exerce son action pres-

XIV. qu'uniquement sur le métal que l'on fait chauffer.

LEÇON.

Les étuves sont encore des especes de fourneaux, dans l'intérieur desquels la chaleur d'un peu de braise allumée, s'applique commodément à un grand nombre de corps, que l'on veut entretenir chauds & secs; c'est ainsi que l'on conserve dans les offices des fruits confits, des camarels & autres préparations de sucre, que l'humidité de l'air auroit bientôt gâtées; c'est par ce moyen encore que ceux qui emploient des vernis gras, finissent présentement dans l'espace de quelques jours, & dans les saisons les moins favorables, des ouvrages pour lesquels il falloit autrefois plusieurs mois d'un temps choisi.

Un paravent déployé & placé dans une grande chambre, auprès & vis-à-vis de la cheminée, ne sert pas seulement à garantir les personnes qui se chauffent de l'air froid que le feu attire: il réfléchit la chaleur, il l'arrête, il empêche qu'elle ne se dissipe; en un mot, il fait en quelque façon l'office d'une étuve, à cela près que l'air se renouvelle par en haut, dans l'espace qu'il renferme.





II. EXPÉRIENCE.

PRÉPARATION.

XIV.

LEÇON.

Il faut avoir une grosse chandelle allumée, dont on incline un peu la meche, & avec un chalumeau de verre ou de métal recourbé & pointu par un bout, on souffle sur la flamme dans telle direction qu'on le juge à propos. *Voyez Fig. 30.*

EFFETS.

Cette flamme qui brûle ordinairement sans bruit, qui n'a qu'un pouce & demi tout au plus de longueur, & qui seroit à peine capable de faire rougir une épingle ou une aiguille à coudre, lorsqu'elle est soufflée de la manière que je viens de le dire, fait un bruissement assez considérable (a), s'allonge de plusieurs pouces, & brûle avec tant d'activité, qu'elle amollit ou fait fondre très-promptement le

(a) C'est ce qui arrive le plus communément; mais cependant quand le chalumeau est très-menu, & que l'on souffle médiocrement, on n'entend point de bruit.

500 LEÇONS DE PHYSIQUE

verre, & les métaux les plus durs.

XIV.

Leçon.

EXPLICATIONS.

Je considère toutes les parties de la flamme comme autant de petites portions de la matière combustible, qui se brisent & qui éclatent par l'effort du feu qu'elles renferment, & qui se met en liberté; toutes ces petites explosions particulières en font une totale qui frappe l'air environnant, & qui fait du bruit lorsqu'elle est subite : mais qui se passe en silence quand elle se fait lentement, ou quand une fois la flamme a fait sa place dans l'air. Il n'en doit pas être de même si l'on force l'air d'entrer dans la flamme : les parties qui éclatent à chaque instant doivent porter sur lui leur effort, & les secousses qu'il reçoit doivent se faire entendre : voilà au moins ce qui me paroît vraisemblable. On peut encore considérer, qu'il y a toujours dans l'air des parties humides, qui lancées avec lui dans un feu très-actif, doivent faire (toute proportion gardée) ce que nous voyons que fait une goutte d'eau qui tombe sur un fer

EXPÉRIMENTALE. 501

chaud, c'est-à-dire, un frémissement qui retentit.

XIV.

L'allongement de la flamme est visiblement causé par l'impulsion du vent qui entraîne avec lui celles des parties embrasées qui se dissiperoient du côté d'où il vient : on peut ajouter encore, que ce qui ne seroit que vapeur éteinte ou fumée ; devient de la flamme, parce que l'activité du feu est augmentée.

LIXON.

La flamme soufflée devient un feu plus actif, pour deux raisons ; premièrement, parce que le vent condense les parties embrasées dans la direction qu'il leur fait prendre, puisqu'il entraîne du même côté des parties qui n'iroient pas sans cette détermination, & qu'il fait prendre feu à d'autres qui s'exhaleroient en fumée ; secondement, parce que poussant la flamme, il ajoute au mouvement qu'elle a naturellement, & par lequel elle agit sur les autres corps.

APPLICATIONS.

L'expérience qu'on vient de voir, est une pratique fort connue & très-utile dans plusieurs arts. Les Orfe-

XIV. **Leçon.** vres qui font particulièrement la bijouterie, & ceux qu'on nomme *Metteurs en œuvre*, soudent la plupart de leurs pieces au chalumeau, ils les tiennent dans le creux d'un charbon de bois tendre, & ils dirigent dessus la flamme allongée par le soufflé : de cette maniere, ils sont bien plus maîtres du feu, & ne risquent pas de fondre des parties délicates, qu'on auroit bien de la peine à ménager & à sauver, si l'on se servoit de charbon allumé pour les chauffer.

Les Horlogers, les faiseurs d'instruments de Mathématiques, &c. qui trempent la pointe de leurs forets en les plongeant dans le suif, les font rougir auparavant dans la flamme d'une chandelle, qu'ils soufflent aussi avec un chalumeau ; cette façon de tremper est très-commode, en ce qu'on est maître de ne chauffer que le petit bout de l'instrument, la seule partie qui doit être dure.

C'est aussi par le vent qui sort d'un chalumeau recourbé, que les Emailleurs animent le feu de leur lampe : mais au lieu de souffler avec la bouche, ce qui est impraticable dans bien

des cas , & très-pénible quand le travail est d'une certaine durée , la plupart se servent d'un soufflet à double ame , fixée sous la table qui porte la lampe , & que l'on fait mouvoir avec le pied en appuyant sur une pédale. La *Fig. 31.* représente non-seulement l'appareil de cet art charmant , qui fait faire prendre au verre & à l'émail tant de formes agréables , & imiter si joliment les fleurs & autres productions de la nature ; elle met encore sous les yeux le portrait assez ressemblant du plus adroit & du plus ingénieux Artiste que nous ayons eu en ce genre (a). Je sens tous les jours combien je lui suis redevable d'avoir bien voulu me mettre un peu au fait de son art : pour lui en marquer ma reconnaissance , je profite avec plaisir

XIV.
LEÇON.

(a) Feu Jean Ruaux, Emailleur du Roi, a eu l'honneur d'amuser de son travail presque tous nos Princes dans leur jeunesse, & d'en donner des leçons à beaucoup de Seigneurs, tant François qu'Etrangers; son portrait fut esquisé par un Officier de la Cour de Monseigneur le Dauphin, tandis qu'il travailloit devant ce Prince en 1739. C'est d'après cette esquisse qui m'est tombée entre les mains, que j'ai fait graver la *Fig. 31.*

de l'occasion que j'ai de perpétuer
sa mémoire.

XIV.

LEÇON.

La lampe des Emaillieurs animée par le vent d'un soufflet, nous fait voir en petit ce qui se passe dans les forges. Combien n'y auroit-il point à perdre, & pour le temps & pour la dépense, s'il falloit traiter les métaux, comme on traite le verre, par exemple, dans les verreries, avec un feu qui prend presque toute la force de la quantité & de la durée : d'ailleurs avec le feu d'une forge qui peut être très fort, quoiqu'en petit volume, on a encore l'avantage de ne chauffer sur une barre de fer que l'endroit où l'on a affaire.

Le feu soufflé est encore plus actif que celui qui est contenu & concentré dans un fourneau ; ainsi lorsqu'il s'agit de pousser l'action du feu aussi loin qu'elle peut aller par des moyens connus, il faut opposer entr'eux plusieurs soufflets sur un même brâsier ; c'est ainsi qu'en usent les Chymistes, pour accélérer la fusion des matieres dures, ou pour éprouver jusqu'à quel point elles sont fixes.

Sans employer des soufflets, on a
soin

soin de construire presque tous les fourneaux, de manière que l'air attiré par le feu, passe avec une certaine vitesse de la partie embrasée à celle qui ne l'est pas, ou qui l'est moins ; alors l'action du feu est augmentée par ce courant d'air, qu'on est maître de modérer à son gré, en ouvrant plus ou moins les issues par lesquelles il doit sortir.

Un tel courant d'air bien ménagé peut forcer la fumée de descendre dans le brasier & de s'y convertir en flamme, comme cela arrive dans une espèce de poêle inventé autrefois par M. Dalesme *, & renouvelé dans ces derniers temps par des personnes qui n'en ayant pas bien étudié les inconvénients, proposèrent d'en placer dans les appartements : dès les premiers essais, on reconnut que l'usage en étoit pernicieux, & que s'ils ne remplissent point l'air de fumée grossière, ils le chargent d'exhalaisons plus subtiles, mais toujours capables de nuire aux personnes qui le respirent.

Après ce que je viens de dire, il est presque inutile de parler de l'usage où l'on est de souffler le feu des ap-

XIV.
LEÇON.

* *Journal
des Savants*,
1686. page
116.

XIV. partemens pour le mieux allumer, ni
LEÇON. des justes raisons que l'on a de crain-
 dre le vent dans les incendies : tout
 cela est fondé sur ce que l'impulsion,
 de l'air chasse le feu sur son aliment,
 ou l'y retient, ce qui lui fait faire plus
 de progrès ; & si l'on voit quelque-
 fois un souffle violent éteindre la flam-
 me, c'est qu'alors ce vent non propor-
 tionné dissipe & le feu & la vapeur
 qui est prête à s'enflammer, comme
 * *Tom. 3.*
 * *pag. 293.* je l'ai déjà dit ailleurs *.

Mais n'y a-t-il que l'air agité qui
 puisse animer le feu ? Tout autre fluide
 qui n'auroit pas beaucoup de densité,
 une vapeur qui couleroit avec rapi-
 dité, ne feroit-elle pas la même chose ?
 Oui, assurément ; & si l'on en doutoit,
 on pourroit très-facilement s'en con-
 vaincre, en présentant la flamme d'un
 flambeau ou un gros charbon bien al-
 lumé au bec d'un éolypile, dans le-
 quel on feroit bouillir de l'eau : le
 jet de vapeur qui en sort fait précisé-
 ment l'effet d'un soufflet ; on me dira,
 peut-être, que cette vapeur contient
 beaucoup d'air, mais j'ai déjà prévenu
 * *pag. 82.* cette objection *, en rapportant
 une expérience bien simple, par la-

quelle on voit clairement que cela n'est pas.

XIV.
LEÇON.

Cette expérience consiste à plonger le bec de l'éolypile dans un verre d'eau froide : s'il en sortoit de l'air , sans doute qu'il se montreroit sous la forme de globules , ce qui n'arrive pas ; mais au lieu de cela on apperçoit un fluide qui trouble un peu la transparence de l'eau , & qui fait entendre un frémissement tout-à-fait semblable à celui d'une liqueur qui commence à bouillir : ce bruit qui a d'abord un ton assez aigu , devient plus grave & plus sourd à mesure que l'eau s'échauffe ; & enfin la vapeur continuant toujours de se répandre dans cette eau , & de la rendre plus chaude , parvient à la faire bouillir , & l'on n'entend plus alors que le bruit ordinaire du bouillonnement : cette expérience qui m'a paru curieuse , s'accorde assez bien avec ce que j'ai dit ci-dessus , pour expliquer l'ébullition des liqueurs.

La suppression des moyens par lesquels on entretient & on anime le feu , est la cause la plus ordinaire de son ralentissement ou de son extinc-

508 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. tion : une bougie & une lampe cessent d'éclairer dès que la meche ne trouve plus de cire ou d'huile à pomper ; le feu d'un poële ou d'une cheminée ne donne plus de chaleur quand il manque de bois , & souvent il languit seulement , parce qu'on néglige de le souffler. Mais indépendamment de ces causes , il en est d'autres qui agissent plus promptement , & dont on ne manque pas de faire usage quand on est pressé d'arrêter les progrès du feu , ou de les ralentir. J'ai fait voir dans ma dixieme Leçon * que les matieres les plus combustibles ne peuvent prendre feu ni rester enflammées que dans un air libre , & j'en ai dit les raisons. Je dois ajouter ici que la privation d'air , le vuidé tel qu'il le faut pour éteindre le feu , se fait bien sans machine , & souvent sans qu'on pense à le faire : il ne faut qu'appliquer à la surface du corps embrâsé une matiere qui ne prenne point feu elle-même ; voilà assez pour écarter l'air , pour empêcher qu'il ne touche & qu'il n'entretienne l'inflammation.

* *Tonf. 3.*
pag. 285. &
suiv.

Celle de toutes les matieres con-

nues, qu'on peut interposer ainsi avec le plus de succès, c'est l'eau ou la vapeur, comme je l'ai fait connoître dans la douzieme Leçon *. Mais elle n'est pas la seule capable de cet effet ; il suffit que ce qui touche le feu, quoiqu'inflammable de sa nature, ne s'allume point ; & cela peut arriver ou par la grandeur du volume, ou par l'épaisseur de l'enduit ; une grande quantité d'huile froide jettée tout-à-coup sur un petit feu, l'étouffe au lieu de l'augmenter : un charbon ardent se noircit & s'éteint sur un morceau de bois dur d'une certaine épaisseur : & tout cela est fondé sur ce principe, qu'un corps qui brûle actuellement n'en peut faire brûler un autre, s'il n'y trouve, ou s'il n'y fait naître une chaleur pour le moins égale à la sienne ; or cette condition n'a pas lieu dans une matiere combustible, mais froide, dont la quantité n'est pas en proportion convenable avec le feu qu'on y applique, ni à l'égard de l'eau, qui, lors même qu'elle bout, est toujours beaucoup moins chaude qu'une matiere qui brûle.

Par les expériences que j'ai rappor-

510 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV.
LEÇON.

tées dans la Section précédente, j'ai fait voir que cet effet du feu, qu'on nomme *embrâsement* ou *inflammation*, s'augmente comme de lui-même, lorsque le corps embrâsé se trouve uni avec une quantité proportionnée de matiere capable de s'embrâser aussi. Il n'en est pas de même de la simple chaleur; elle ne se communique point sans s'affoiblir, & cette diminution, dont nous ignorons le dernier terme, se nomme *refroidissement*.

Comme les corps s'échauffent plus promptement & avec plus de facilité les uns que les autres, aussi ne se refroidissent-ils pas tous également dans un temps donné. Leur degré de densité, plus ou moins de cohérence entre leurs parties, les différents principes qui constituent leur essence, sont autant de causes d'où dépendent apparemment ces différences; & quoiqu'avec le temps diverses especes de matieres prennent la température du lieu où elles sont placées, cependant les unes y arrivent plutôt, les autres plus tard.

On peut dire en général (sauf les exceptions que l'expérience pourra

faire connoître) que la chaleur se communique en raison des masses ; c'est-à-dire qu'un pouce cube de fer, par exemple, appliqué sur un morceau de bois qui auroit les mêmes dimensions avec moins de chaleur, se refroidiroit moins par cet attouchement, que ne feroit le cube de bois, si plus chaud que le fer, il s'appliquoit à lui pour l'échauffer. Aussi ressent-on plus de froid aux mains, quand on a touché du marbre ou du métal pendant l'hiver, que quand on a manié du bois ou des étoffes, quoique la température de tous ces corps soit véritablement la même. Car le refroidissement de la main n'est autre chose que la perte qu'elle a faite d'une partie de sa chaleur, en la communiquant, & cette communication est proportionnelle à la densité du corps touché.

Quand les matieres qui se touchent ou qui se mêlent sont de même nature, la chaleur se communique de la plus chaude à celle qui l'est moins en raison des volumes ; c'est-à-dire, que deux quantités égales d'une même liqueur, l'une chaude & l'autre froide,

XIV.

LEÇON.

§ 12 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. étant mêlées ensemble; la première
LEÇON. partage également avec la seconde ce
qu'elle a de chaleur plus qu'elle; un
exemple rendra ceci encore plus in-
telligible.

III. EXPÉRIENCE.

PREPARATION.

DANS un vaisseau cylindrique fort mince, de fer blanc, par exemple, je mets une pinte d'eau, qui n'a que dix degrés de chaleur, & par-dessus je verse une autre pinte d'eau qui en a 40, & avec un thermometre de mercure, j'examine promptement quel est le degré actuel du mélange.

E F F E T S.

LA liqueur du thermometre plongé se fixe au 25°. degré au-dessus du terme de la glace.

E X P L I C A T I O N.

DE quelque maniere qu'on veuille considérer la chaleur, soit qu'on la regarde comme un mouvement imprimé aux parties d'un corps, soit qu'on

reconnoisse en elle l'action d'un fluide subtil qui tend à se répandre uniformément, on doit toujours s'attendre à ce que l'on voit par le résultat de notre expérience.

XIV.

LEÇON.

Suivant la premiere idée, la pinte d'eau la plus chaude est animée par un mouvement de quarante degrés, qui excède de trente celui de l'autre; c'est cet excès qui se partageant également entre deux masses égales, qui ont chacune 10 de mouvement commun, fait que chacune d'elles se trouve en avoir 25, à peu près comme si un corps pesant deux livres, & ayant quarante degrés de vitesse, en rencontre un autre de même poids qui se meut dans le même sens avec une vitesse de 10 degrés seulement; tous deux après le choc continuent de se mouvoir avec 25 degrés, qui résultent de 10, leur vitesse commune, & de 15, qui est la moitié de l'excès de 40 sur 10, comme on l'a vu par les expériences de la quatrième Leçon*.

* Tom. I.

Si l'on veut que la chaleur d'un corps soit l'effet d'une matière qui le pénètre & qui se répand dans son intérieur; cette matière, comme tous

Pag. 333. & suiv.

§ 14 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV.

LEÇON.

les fluides, cherchant à remplir uniformément tous les espaces auxquels elle peut atteindre, toutes choses égales d'ailleurs, doit se raréfier à proportion de l'étendue qu'elle occupe; ainsi elle doit être une fois plus rare, avoir une action une fois plus foible, lorsqu'au lieu d'une seule pinte d'eau elle vient à en occuper deux: avant le mélange il y avoit dix mesures de feu d'un côté, & 40 de l'autre; les deux pintes d'eau étant mêlées ensuite, ont dû partager également entr'elles les 30 mesures, qui font l'excès de 40 sur 10: & de cette répartition il a dû résulter une chaleur qui étoit l'effet de 10 & de 15, dont la somme est 25.

J'ai fait un grand nombre d'expériences de ce genre, dans lesquelles j'ai varié les degrés de chaleur & les quantités d'eau que je mêlois ensemble; j'ai pris d'ailleurs toutes les précautions que j'ai pû imaginer, pour avoir des résultats fort exacts; & j'ai toujours vû, comme je l'ai déjà dit, qu'entre deux portions de la même matiere, l'excès de la chaleur de l'une sur l'autre se partageoit en raison des volumes, & que le degré de chaleur

EXPÉRIMENTALE. 515

dès deux portions mêlées dépendoit de cette répartition & du degré commun de chaleur, c'est-à-dire, de celui qu'avoit la portion la moins chaude avant le mélange (a).

Je ne me trouve point d'accord ici avec le célèbre Boerhaave, qui dit formellement * que la chaleur résultante de deux portions égales d'une même matière, inégalement chaudes, & mêlées ensemble, est toujours la moitié de la quantité dont la chaleur de l'une surpasse celle de l'autre, & qui en cite des exemples : « Si vous » mêlez ensemble, dit-il, une livre » d'eau bouillante qui a 212 degrés » de chaleur, avec une autre livre » d'eau, qui commence à n'être plus » glace, & qui n'a que 32 degrés; ces » deux eaux mêlées auront une chaleur de 90 degrés, c'est-à-dire, la moitié d'une chaleur de 180, différence de 212 à 32 (b). S'il disoit

XIV.
LEÇON.

* Elem.
Chem. t. 1.
Pag. 144.

(a) J'appelle ce degré, commun, parce qu'il est dans l'une & dans l'autre portion avant le mélange : dans l'eau moins chaude, il y est seul ; dans l'autre, il y est avec la quantité que j'appelle l'excès d'une chaleur sur l'autre.

(b) Le thermomètre employé dans cette

516 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV.

LEÇON.

que la chaleur de ce mélange est de 90 degrés ajoutés à la chaleur commune, qui est 32, cela iroit fort bien avec ma théorie, & avec ce que l'expérience m'a fait voir : car ayant répété celle-là même que je viens de citer d'après lui, j'ai trouvé que la liqueur d'un thermometre, semblable à celui dont il s'est servi, se fixoit au 122°. degré, c'est-à-dire, à 90 au-dessus de 32.

L'erreur de fait, que je ne crois pas être de mon côté, me feroit volontiers croire, qu'il faudroit suppléer aux paroles de Boerhaave, comme je viens de le faire, & que son expression n'est défectueuse que par la faute du Copiste ou de l'Imprimeur ; mais il paroît que ce grand homme n'a compté en effet que sur la moitié de l'excès d'une chaleur sur l'autre, car il prétend que le degré commun périt dans le mélange, ce qui lui paroît très-difficile à comprendre : *valde subtilè est intellectu quòd gradus caloris communis*

expérience, est celui de Farenheit, qui exprime le terme de la glace par 32, & celui de l'eau bouillante par 212.

pereat *. Et je vois par des Ouvrages, où l'on a suivi sa doctrine, que cet endroit a été entendu, comme je viens de l'exposer, & comme il se présente naturellement. « L'effet le plus singulier de ces mélanges, dit M^{de}. la Marquise du Châtelet *, effet qui paroît entièrement inexplicable, c'est que deux quantités égales, mais inégalement chauffées d'un liquide quelconque, prennent par la mixtion un degré de chaleur, qui est la moitié de la différence que la chaleur que ces deux portions du même liquide avoient avant d'être mêlées. Ainsi une livre d'eau qui tient le thermometre à 32 degrés, étant mêlée avec une autre livre d'eau bouillante, qui le tient à 212, fera monter le thermometre après la mixtion, à 90 : or 90 est la moitié de la différence de 32 à 212 ».

Il paroît par l'aveu même de Boerhaave (a), qu'il n'a point fait ces expériences lui-même : & quoiqu'il se soit servi pour les faire d'un homme fort intelligent, j'ai peine à l'excuser

(a) *Experimenta modò memorata instituit mihi celebris Fahrenheitius. Elem. Chem. tom. 1. p. 452.*

XIV.

LEÇON.

Ibid. p. 541.

* *Dissert. sur la nature & la propagation du Feu, in-8°. 1744. pag. 78.*



518 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. de s'en être tout-à-fait rapporté aux
LEÇON. yeux d'autrui, sur-tout lorsque les résultats qu'on lui offroit, le conduisoient à des assertions dont on pouvoit tirer des conséquences tout-à-fait étranges, & visiblement fausses. Jugons-en par celle-ci : selon cette doctrine, on pourroit refroidir de l'eau médiocrement chaude, en y mêlant d'autre eau, qui le seroit davantage ; & en voici la preuve : supposons qu'une pinte d'eau en ait 20 degrés de chaleur, & qu'on verse dessus une autre pinte d'eau qui en ait 50 : si la chaleur du mélange doit être *la moitié de l'excès de 50 sur 20*, ce mélange n'aura donc que 15 degrés de chaleur, c'est-à-dire, qu'il sera de 5 degrés plus froid que n'étoit celle des deux pintes d'eau la moins chaude : ce qui n'est, comme l'on fait, ni vrai, ni vraisemblable.

APPLICATIONS.

Comme deux corps solides qui se touchent, deux liquides qui se mêlent partagent entr'eux la quantité de chaleur, que l'un a plus que l'autre, de même un corps dur plongé dans une

liqueur l'échauffe ou la refroidit, selon qu'il est plus ou moins chaud qu'elle. Les Sauvages les plus reculés de l'Amérique, qui n'ont que des vaisseaux de bois pour faire cuire la viande ou le poisson, font bouillir l'eau, en y plongeant successivement de gros cailloux qu'ils ont fait rougir dans le feu. La neige & la glace pilée se fondent en refroidissant les bouteilles pleines de vin qu'on y a plongées; & l'air diminue d'autant plus la chaleur des corps, qu'il se renouvelle plus souvent, à leur surface. Ces faits, une infinité d'autres que je ne rappelle point, sont des conséquences si nécessaires & si palpables du principe établi ci-dessus, qu'il seroit superflu de m'y arrêter davantage.

Le refroidissement n'étant autre chose qu'une diminution de chaleur, on doit s'attendre à voir cesser dans un corps qui se refroidit tous les effets du feu dont j'ai parlé ci-dessus : ce qui étoit de la flamme ne devient plus qu'une fumée épaisse; l'évaporation se ralentit, ou cesse entièrement, les matieres liquéfiées s'épaississent & reprennent peu à peu leur première

XIV.

LIÇON.

XIV.
LEÇON.

consistance, & le volume augmenté par la dilatation, se renferme dans des limites plus étroites.

Quand tout cela se fait lentement, les parties se rapprochent proportionnellement, & dans l'ordre que la nature ou l'art a mis entr'elles; toute la masse reprend son premier état, elle redevient telle qu'elle étoit avant qu'elle éprouvât l'action du feu, à moins que cette action ne lui ait enlevé une partie de ces principes. Mais un refroidissement trop prompt a quelquefois des effets fort différents; en ôtant aux parties la mobilité respective, ou la souplesse que le feu leur avoit donnée, il les fixe avant qu'elles aient pu s'approcher suffisamment & se ranger dans l'ordre qui leur convient; de-là il arrive que le corps qu'elles composent, quoique dur dans ses molécules, ne prend qu'une consistance imparfaite, parce que ces molécules n'ont pas assez de liaison entre elles. J'en puis citer deux exemples bien remarquables, le premier est l'effet de la trempe sur l'acier; on peut voir ce que j'en ai dit en parlant du ressort*. Le second est un phénomène assez

* Tom. II.
pag. 139. &
fig.

assez singulier, que les Physiciens examinent depuis long-temps, & dont XIV.
ils ont à peine entrevu la cause : voici LÉÇON.
le fait.

Les Verriers prennent au bout d'une canne de fer un peu de verre fondu qu'ils laissent tomber tout liquide dans un seau plein d'eau fraîche ; il s'en forme une petite larme, telle qu'on la voit représentée par la *Fig. 32*, dans le gros de laquelle on voit toujours comme une ou plusieurs petites bulles d'air. On peut frapper assez fortement avec un marteau sur cette larme sans la casser ; mais si l'on en rompt la queue, tout se brise avec éclat & se réduit en une espèce de gros sable, dont chaque grain vu au microscope paroît fendu de tous côtés.

Ceux qui ont commencé à raisonner sur ce phénomène l'ont attribué aux efforts de l'air, sans dire ni pourquoi ni comment cela se faisoit ; apparemment parce qu'ils prenoient pour de l'air ces espèces de bulles qu'on appercevoit dans l'épaisseur du verre : mais d'où viendrait cet air dans une matière aussi ardente, & à quel

XIV.
LEÇON.

point n'y seroit-il point raréfié & affoibli, s'il y avoit été enveloppé? L'air n'agit donc point intérieurement; & celui du dehors n'a pas plus de part à cet effet; car on réussit également bien, en rompant de ces larmes dans le vuide ou dans l'air libre.

Ces prétendues bulles d'air ne sont autre chose que des espaces abandonnés par la matiere qui se condense. Ne fait-on pas, & n'avons-nous pas vu que tout corps, qui de liquide devient solide, diminue de volume? Cette diminution ne pouvant avoir lieu qu'autant que les parties ont assez de mobilité pour se rapprocher, si la solidité commence brusquement & par la superficie, les parties de dedans en se portant vers cette surface solide, ne manquent pas de laisser quelque vuide au milieu d'elles; c'est ainsi que sous la croûte du pain, la mie en se cuisant se trouve interrompue par une infinité de petites cavités. De même, je conçois que le verre se durcit d'abord extérieurement par la fraîcheur de l'eau qui le touche, & que le dedans venant ensuite à se condenser, il

reste vers le centre un espace qui n'est rempli par rien qui soit aussi dense que l'air.

XIV.

LEÇON.

Je ne puis douter que le refroidissement de ces larmes ne se fasse de couche en couche depuis la superficie jusqu'au centre, & que la chaleur du dedans ne subsiste assez long-temps, pour donner lieu aux parties de se rapprocher & de se serrer davantage : je les ai vu rouges au fond du seau pendant plus de six secondes, & je me suis assuré que ce degré de chaleur n'étoit qu'interne, en les recevant dans ma main, que je tenois plongée dans l'eau.

Il n'est pas besoin que le verre ait la forme d'une larme solide pour produire l'effet dont il est ici question ; on voit quelque chose de très-semblable, avec une petite phiole qu'on peut comparer à une poire creuse, *Fig. 33*, & dont le fond est beaucoup plus épais que le reste : assez souvent ces petits vaisseaux se cassent d'eux-mêmes avant que d'être entièrement refroidis ; mais quand ils restent entiers, on est sûr de les faire éclater

524 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV.

LEÇON.

en y laissant tomber un petit gravier ; ou un fragment de pierre à fusil , ce que ne fait pas une petite balle de plomb , quoique plus pesante.

Il est très probable que le verre ne se casse ainsi , que parce que les couches qui composent son épaisseur ont été condensées & rendues solides comme en plusieurs temps ; les couches extérieures s'étant durcies avant les autres , celles-ci en se condensant les ont obligées de se plier vers elles , à peu près comme un arc qui se tend par le raccourcissement de sa corde. Lorsque le choc d'un corps aigu , une rupture faite exprès , ou une secousse violente , donne lieu aux parties internes de se quitter , les couches extérieures qu'elles tenoient en contraction se débandent comme autant de ressorts , & toutes ces lames élastiques étant composées de parties mal jointes , à cause du refroidissement subit qu'elles ont souffert , elles se brisent en se débandant , ce qui arrive assez souvent à des corps élastiques d'une matiere fragile , qui ne peuvent pas se prêter à toute l'étendue de leur

réaction, parce qu'il est rare qu'ils soient aussi flexibles dans un sens que dans l'autre.

XIV.

LIÇON.

Ce qui augmente la vraisemblance de cette explication, c'est qu'une lame de verre qu'on a fait rougir sur des charbons ardents, & les petites phioles épaisses par le fond, qu'on a tenues dans l'arche de la verrerie pour les y faire refroidir très-lentement, ne se brisent plus quand on en fait l'épreuve; & j'ai remarqué en général que les vaisseaux de verre, dont l'épaisseur étoit grande & inégale, se cassoient souvent d'eux-mêmes, & qu'on ne pouvoit les mettre à l'abri de cet accident, qu'en les faisant recuire long-temps & fortement à la verrerie, aussi-tôt qu'ils ont été formés: or il est comme visible que ce recuit donne lieu aux couches extérieures de se plier sans contrainte au gré des autres, & aux parties qui les composent, de s'arranger & de se joindre plus solidement.

Puisque le froid n'est autre chose qu'une moindre chaleur, on ne doit point le considérer comme une qua-

526 LEÇONS DE PHYSIQUE

XIV. **LIÇON.** **LIÇON.** lité absolue , mais seulement relative : tel corps est froid à l'égard de celui-ci , qui paroîtra chaud par rapport à celui-là : de la neige pure , qui fait descendre la liqueur du thermomètre sortant d'un air tempéré , la feroit monter très-sensiblement , si cet instrument avoit été plongé pendant quelque temps dans un mélange de glace & de sel : les caves que nous trouvons chaudes pendant l'hiver , & froides pendant l'été , ne nous paroissent telles que par la différence qu'il y a entre leur température , qui est toujours à peu près la même , & celle de l'air que nous venons de quitter quand nous entrons dans ces souterrains. On peut faire sur cela une expérience bien simple , & en même temps bien convaincante ; que l'on prenne soin d'avoir une de ses mains très-froide , & l'autre bien chaude , & qu'on les plonge successivement dans un seau plein d'eau de puits nouvellement tirée ; cette eau sera infailliblement jugée chaude lorsqu'on la touchera avec la main froide , & froide au contrai-

re, lorsqu'on y plongera la main
chaude.

XIV.

LEÇON.

La congélation de l'eau est un des plus singuliers phénomènes du refroidissement ; je crois avoir rapporté dans la douzième Leçon tout ce qu'on en fait de plus curieux & de plus intéressant ; il ne me reste sur cela qu'une réflexion à faire, c'est que l'eau qui se gele, n'est qu'un exemple particulier de ce qui arrive par le froid à une infinité d'autres matières : une bougie, à proprement parler, est un bâton de cire glacée : la Statue équestre d'Henri IV, sur le Pont neuf, est une glace de bronze, à qui l'on a fait prendre cette forme dans un moule. Les vitres & les miroirs de nos appartements sont des lames, ou des plaques de verre gelé : enfin, tout ce qui devient liquide par l'action du feu, & qui se durcit en se refroidissant, ne diffère de l'eau & de la glace à cet égard, que parce que sa congélation arrive plutôt ou plus tard, qu'elle fait une masse plus ou moins dure, moins transparente ou opaque, &c. & je ne

528 LEÇONS DE PHYSIQUE.

- ==** crains pas de dire que ces idées ne
1. pourront paroître étranges qu'à ceux
qui n'auront point assez réfléchi sur la
N. cause la plus ordinaire & presque
générale de la liquidité & de la solidité des corps.

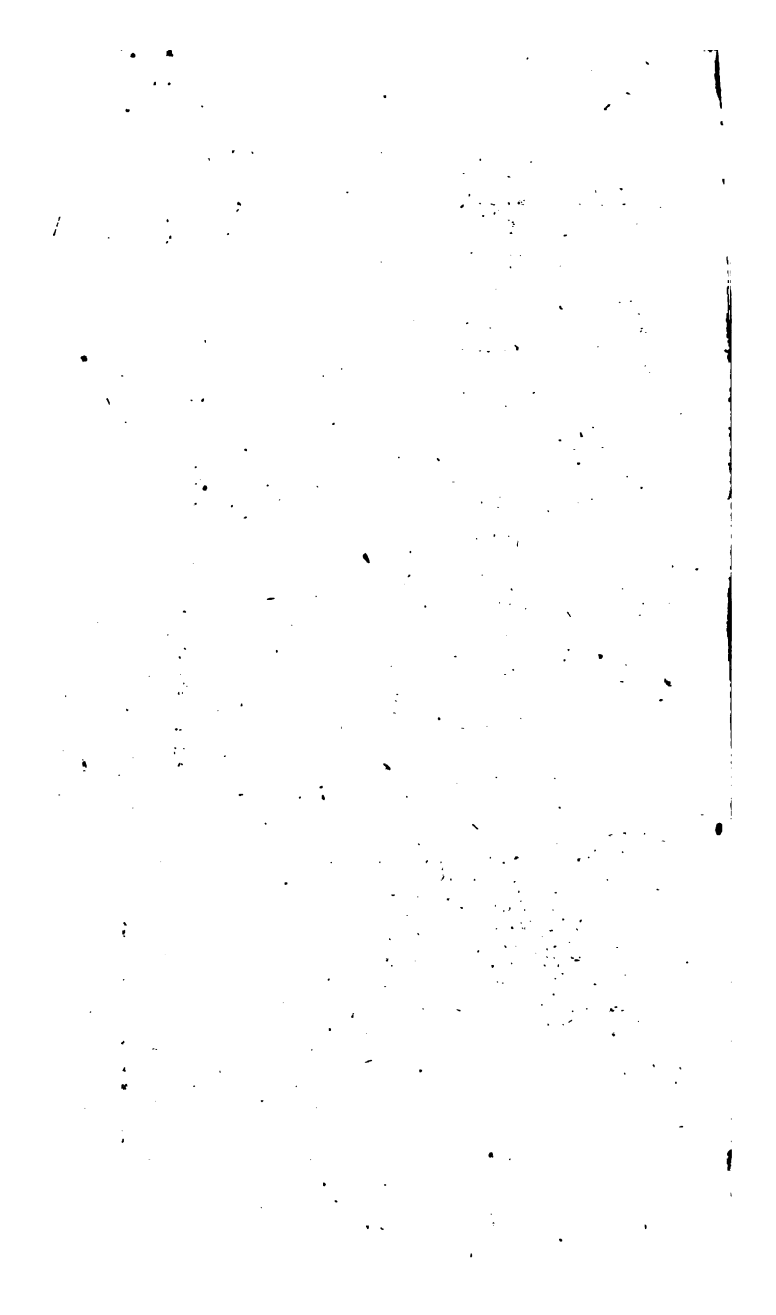
Fin du quatrieme Tome.

TABLE



Fig. 33.







TABLE

DES MATIERES

Contenues dans le quatrieme Volume.

XII. LEÇON.

*Sur la nature & les propriétés de
l'Eau.*

NOTIONS générales & division des
Matières qui composent cette Leçon.

P. 1.

PREMIERE SECTION. De l'eau considérée
dans l'état de liqueur. 3.

DISSERTATION. Sur l'origine des fon-
taines. 9.

I. EXPÉRIENCE, qui prouve que l'eau n'est
jamais parfaitement pure, & qui fournit
des moyens pour connoître les matières
étrangères dont elle est chargée. 10.

Examen des différents moyens de purifier
l'eau, & spécialement de dessaler l'eau de
la mer. 17.

Comparaison & rapport de la pesanteur de
l'eau à celles de l'or & de quelques autres
matières. 34.

Tome IV. Y y

II. Exp. par laquelle on détermine le degré de dilatation & de chaleur que l'eau reçoit dans le vuide. 37.

III. Exp. par laquelle on fait voir que l'eau que l'on fait chauffer, & qui n'a pas la liberté de se dilater & de s'étendre, reçoit un degré de chaleur bien plus grand que quand on la fait chauffer dans des vaisseaux ouverts, sous le poids de l'atmosphère. 40.

IV. Exp. qui prouve que l'eau dissout les sels, & qu'elle ne les dissout pas tous également. 49.

V. Exp. qui fait voir que l'eau dissout plus du même sel, quand elle est chaude, que quand elle est froide. 50.

VI. Exp. Refroidissement singulier de l'eau par le sel ammoniac qu'elle dissout. 54.

Discours sur les causes de la salure de la mer. 58.

SECONDE SECT. De l'eau considérée dans l'état de vapeur. 71.

VII. Exp. D'une goutte d'eau réduite en vapeur, qui prend un volume 14000 fois plus grand que celui qu'elle avoit. 74.

VIII. Exp. D'une espèce d'Eolypile, par lequel on explique le recul des armes à feu. 78.

Description d'une pompe à feu; son origine. 83.

EXPLICATIONS de l'effet de l'Eolypile, & de tout ce qui a rapport à cet instrument. 89.

TROISIEME SECT. De l'eau considérée dans l'état de glace. 98.

I. Exp. Congélation naturelle de l'eau pure dans des vaisseaux de verre mince. 99.

DES MATIERES. 531

A l'occasion de cette Expérience, on examine quelles sont les vraies causes de la congélation de l'eau; pourquoi la glace est plus légère que l'eau, d'où lui vient cette force expansive qui lui fait briser les vaisseaux qui la contiennent, & la différence qu'il y a entre la congélation des rivières & celle des eaux dormantes. 101. & *suiv.*

II. Exp. qui prouve que la congélation de l'eau est plus prompte & plus complète, lorsqu'elle est pure, que quand elle est chargée de quelque substance huileuse, ou saline. 129.

Cette Expérience donne lieu à des réflexions sur les effets de la gelée, à l'égard des fruits, des liqueurs mixtes, des animaux, &c. 132. & *suiv.*

III. Exp. par laquelle on fait voir que la glace devient plus froide par le mélange des sels. 140.

Examen des sels qui refroidissent le plus efficacement la glace, & des rapports qu'il faut observer dans le mélange. 147. & *suiv.*

XIII. LEÇON.

De la nature & des propriétés du Feu.

Idée générale du Feu; division des matieres, dont on traite dans cette Leçon & dans la suivante. 154.

PREMIERE SECTION. Examen préliminaire de la nature du feu, & de la propagation. 159.

ARTICLE I. De la nature du feu. 159.

ART. II. De la propagation du feu. 188.

SECONDE SECT. Des moyens par lesquels on peut exciter l'action du feu. 209.

I. EXP. Etincelles excitées par le choc d'un caillou tranchant & d'un morceau d'acier trempé. 213.

II. EXP. D'un lingot de fer mêlé d'antimoine que l'on frotte rudement avec une lime. 221.

III. EXP. Feu excité par le frottement du bois. 225.

IV. EXP. Inflammation du Phosphore d'urine frotté entre deux papiers. 229.

APPLICATIONS de ces Expériences aux différentes matières qui s'échauffent, ou qui s'allument par le frottement ou par des coups redoublés. 237.

V. EXP. Chaleur excitée par la fermentation de l'eau avec l'esprit-de-vin. 250.

VI. EXP. Inflammation de l'esprit de Térébenthine par un fort acide nitreux. 267.

VII. EXP. Composition & effets du Phosphore de M. Homberg, exposé à l'air. 278.

APPLIC. de ces effets aux fermentations tant naturelles qu'artificielles, & aux météores enflammés. 280. & suiv.

VIII. EXP. Plusieurs rayons du Soleil réfléchis par des miroirs plans sur la boule d'un thermometre. 318.

IX. EXP. Rayons du Soleil rassemblés au foyer d'un grand miroir concave. 321.

X. EXP. Rayons du Soleil rassemblés au foyer d'un grand verre lenticulaire. 323.

APPLIC. de ces Expériences au fait d'Archi-

DES MATIÈRES. 533

médcs, & des effets naturels qui dépendent des rayons du Soleil réunis par réflexion, ou par réfraction. 326.

XIV. LEÇON.

Suite des propriétés du Feu. 338.

TROISIEME SECTION. Des effets du feu.
Ibid.

I. EXP. qui prouve que le verre se dilate & augmente de volume, quand il est chauffé. 340.

APPLIC. aux vaisseaux de verre, de porcelaine, de fayance, &c. exposés au feu. 345.

II. EXP. qui rend sensible l'allongement d'un cylindre de métal exposé à l'action du feu. 354.

APPLIC. aux instruments d'Astronomie exposés à l'ardeur du Soleil, à l'allongement du pendule causé par la chaleur; moyen de remédier à cet inconvénient 359. & 360.

III. EXP. par laquelle on fait voir que les liqueurs chauffées augmentent de volume, & que cette dilatation n'est pas égale pour toutes. 375.

APPLIC. au thermometre; histoire de cet instrument, & de ses différentes especes. Maniere de s'en servir. 383.

IV. EXP. D'un sol neuf fendu dans une coquille de noix. 416.

APPLIC. à la fusion des différents métaux, & aux principaux usages qu'on en fait. 422.

V. EXP. Examen de l'eau que l'on fait chauf-

fer par degrés, jusqu'à ce qu'elle bouille.
431.

VI. EXP. qui prouve que l'ébullition du mercure n'est pas causée par de l'air qui s'en dégage. 434.

APPLIC. à l'ébullition des liquides en général; recherches sur les causes de ce phénomène.
448.

VII. EXP. De la poudre fulminante. 453.

APPLIC. à la poudre à canon, époque de cette invention; effets de la poudre considérés dans les armes à feu. 458.

VIII. EXP. Examen de la flamme. 465.

APPLIC. aux différentes matières combustibles; ce que c'est que l'aliment du feu.
476.

QUATRIÈME SECTION. Des principaux moyens d'augmenter & de diminuer l'action du feu. 485.

I. EXP. L'action du feu augmentée par les parois d'un vaisseau, qui l'empêchent de se dissiper. 489.

APPLIC. à l'usage des fourneaux; description d'un petit alambic, que l'on fait aller avec un feu de lampe. 493.

II. EXP. De la flamme d'une grosse chandelle soufflée avec un chalumeau. 499.

APPLIC. à la lampe d'Emailleur, & à quelques pratiques usitées dans différens Arts.
501.

III. EXP. qui prouve que quand deux quantités de même matière, mais inégalement chaudes, se touchent, ou se mêlent, la chaleur se communique de la plus chaude à celle qui l'est moins, en raison des volumes. 512.

DES MATTERES. 535

APPLICATIONS à la maniere dont les corps se refroidissent; ce qui résulte en certains cas d'un refroidissement subit; larmes de verre; leurs effets; avec d'autres phénomènes qui y ont rapport. ; 12.

*Fin de la Table des Matieres du Tome
quatrième.*

ERRATA.

Pour le Tome Quatrième.

Page 13, ligne 16, soit que ; lisez : quoique.
53. 8, après ces mots, avoir prise ;
ajoutez : également.

Ibid. 10, au lieu de ces mots : par
exemple ; lisez : plus de

29, 19, de la ; lisez : de le.



